



TUGAS AKHIR - SB 141510

**UJI MULTILOKASI PENGARUH PUPUK HAYATI
BPN (*Azotobacter* sp.), BPF (*Bacillus* sp.)
DAN MIKORIZA (*Glomus* sp. dan *Acaulospora*
sp.), TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN
KACANG KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)**

NIKMATUS SYA'DIYAH
1511 100 032

Dosen Pembimbing:
Wirdhatul Muslihatin, S.Si, M.Si

DEPARTEMEN BIOLOGI
Fakultas Mateika dan Ilmu Pehuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 201



TUGAS AKHIR - SB 141510

**UJI MULTILOKASI PENGARUH PUPUK HAYATI
BPN (*Azotobacter* sp.), BPF (*Bacillus* sp.) DAN
MIKORIZA (*Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp.),
TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN KACANG
KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)**

NIKMATUS SYA'DIYAH
1511 100 032

Dosen Pembimbing
Wirdhatul Muslihatin, S.Si, M.Si

DEPARTEMEN BIOLOGI
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - SB 141510

MULTILOCATION TRIALS OF BIOLOGICAL FERTILIZER BPN (*Azotobacter* sp.), BPF (*Bacillus* sp.), AND MYCORRHIZAL (*Glomus* sp. and *Acaulospora* sp.) EFFECTS TO PLANT GROWTH ON SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill)

NIKMATUS SYA'DIYAH
1511 100 032

Advisor Lecture:
Wirdhatul Muslihatin, S.Si, M.Si

DEPARTMENT OF BIOLOGY
Faculty of Mathematics and Natural Scient
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

UJI MULTILOKASI PENGARUH PUPUK HAYATI BPN (*Azotobacter* sp.), BPF (*Bacillus* sp.), DAN MIKORIZA (*Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp.), TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN KACANG KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada
Jurusan S-1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Oleh :

NIKMATUS SYA'DIYAH
NRP. 1511 100 032

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Wirdhatul Muslihatin, S.Si, M.Si (Pembimbing 1)

Surabaya, 13 Juni 2017



Mengetahui,

Kepala Departemen Biologi

Dr. Dewi Hidayati, S.Si., M.Si

NIP. 19691121 199802 2 001

**UJI MULTILOKASI PENGARUH PUPUK HAYATI BPN
(*Azotobacter* sp.), BPF (*Bacillus* sp.), DAN MIKORIZA
(*Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp.), TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN KACANG KEDELAI
(*Glycine max* (L.) Merrill)**

Nama Mahasiswa : Nikmatu Sya'diyah
NRP : 1511 100 032
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Wirdhatul Muslihatin, S.Si., M.Si

Abstrak.

*Pupuk hayati dari isolat bakteri penambat nitrogen (BPN) non simbiotik, pelarut fosfat (BPF) dan mikoriza yang telah diaplikasikan pada media tanam tanah asal isolat, telah berhasil dihasilkan. Namun untuk mendapatkan pupuk hayati yang dapat di aplikasikan secara luas maka diperlukan uji pengaruh pupuk hayati terhadap tanaman kacang kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dengan menggunakan media tanam tanah yang diambil dari 4 lokasi berbeda. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, panjang akar, dan berat kering tanaman. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL). Hasil pengamatan dianalisis dengan General Model Linear (GLM) two way dan dilanjutkan dengan Uji Tukey. Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dengan lokasi pengambilan tanah berpengaruh terhadap panjang akar. Interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati berpengaruh terhadap tinggi tanaman, luas daun, panjang akar, dan berat kering. Tanaman dengan perlakuan K_3L_4 adalah tanaman yang memiliki tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun dan berat kering tertinggi. Panjang akar paling tinggi adalah tanaman dengan perlakuan K_3L_2 . Kata kunci: pupuk hayati, bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat, mikoriza, *Glycine max* (L.) Merrill.*

**MULTILOCATION TRIALS OF BIOLOGICAL
FERTILIZER BPN (*Azotobacter* sp.), BPF (*Bacillus* sp.),
AND MYCORRHIZAL (*Glomus* sp. and
Acaulospora sp.) EFFECTS TO PLANT GROWTH ON
SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill)**

Nama Mahasiswa : Nikmatus Sya'diyah
NRP : 1511 100 032
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Wirdhatul Muslihatin, S.Si., M.Si

Abstract.

Biofertilizer of nitrogen fixing bacteria (BPN) non symbiotic, solvent phosphate bacteria (BPF) and mycorrhizae those has been applied to the growing media homeland of the isolates, has been successfully produced. However, to obtain a biological fertilizer that can be applied widely it is necessary to test the effect of biological fertilizer on soybean crop (*Glycine max* (L.) Merrill) by using soil cropping medium taken from 4 different locations.) The parameters observed were growth of plant height, number of leaves, leaf area, root length, and dry weight of the plant. The study design used was a completely randomized design (CRD). Results were analyzed by two-way General Linear Model (GLM) followed by Tukey test. The result showed that the interaction of biological fertilizer composition with the location of soil taking effect on the root length. The interaction of biological fertilizer composition effect on plant height, leaf area, root length, and dry weight. Plant with treatment K₃L₄ is plant which has the highest of plant height, leaf number, leaf area and dry weight. The highest root length is a plant with K₃L₂ treatment.

Keywords: biological fertilizers, nitrogen fixing bacteria, solvent phosphate bacteria, mycorrhiza, *Glycine max* (L.) Merrill.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan naskah Tugas Akhir dengan judul **UJI MULTILOKASI PENGARUH PUPUK HAYATI BPN (*Azotobacter* sp.), BPF (*Bacillus* sp.), DAN MIKORIZA (*Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp.), TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN KACANG KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)** yang akan dilakukan pada bulan Maret – Juni 2015. Penyusunan naskah Tugas Akhir dilakukan di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, sehingga penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Ibu Wirdhatul Muslihatin, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing sekaligus sebagai dosen penguji III, dosen penguji I yaitu Ibu Indah Trisnawati, D.T., M.Si., Ph.D, dan dosen penguji II yaitu Ibu Ir. Sri Nurhatika, M.P, teman-teman seperjuangan angkatan 2011, dan seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan naskah Tugas Akhir, serta kedua orang tua atas dukungan dan doa dari beliau berdua.

Penulis menyadari bahwa penulisan naskah Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat berarti demi perbaikan selanjutnya. Semoga naskah Tugas Akhir ini dapat bermanfaat serta dapat memberikan informasi bagi semua pihak.

Surabaya, 13 Juni 2017

Nikmatus Sya'diyah

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|-------------------------|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Permasalahan | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan | 3 |
| 1.5 Manfaat | 4 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---|----|
| 2.1 Gambaran Umum Lokasi Pengambilan Tanah | 5 |
| 2.1.1 Kabupaten Blitar | 5 |
| 2.1.2 Kabupaten Tulungagung | 6 |
| 2.1.3 Kabupaten Trenggalek | 7 |
| 2.1.4 Kabupaten Pacitan | 8 |
| 2.2 Mikroba Tanah | 9 |
| 2.2.1 Bakteri Penambat Nitrogen | 10 |
| 2.2.2 Bakteri Pelarut Fosfat | 12 |
| 2.2.3 Mikoriza | 14 |
| 2.2.4 Penggunaan Mikroba Tanah sebagai Inokulan | 17 |
| 2.3 Pupuk Hayati | 19 |
| 2.4 Tanaman Kacang Kedelai | 20 |

BAB III METODOLOGI

| | |
|---------------------------------------|----|
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 23 |
|---------------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| 3.2 Metode yang Digunakan | 23 |
| 3.2.1 Pengambilan Sampel Tanah | 23 |
| 3.2.2 Analisis Sifat Fisika Kimia Tanah | 23 |
| 3.2.3 Peremajaan Isolat Bakteri | 24 |
| 3.2.4 Pembuatan Pupuk Hayati BPN | 24 |
| 3.2.5 Pembuatan Pupuk Hayati BPF | 25 |
| 3.2.6 Persiapan Propagul Mikoriza | 25 |
| 3.2.7 Penanaman Benih | 26 |
| 3.2.8 Pemeliharaan Tanaman | 26 |
| 3.2.9 Parameter Pengamatan Pertumbuhan Tanaman | 27 |
| 3.3 Rancangan Penelitiandan Analisa Data | 28 |
| 3.3.1 Rancangan Penelitian | 28 |
| 3.3.2 Analisa Data | 29 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Analisis Sifat Fisika dan KimiaTanah..... | 31 |
| 4.2 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Tinggi Tanaman Kacang Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)..... | 34 |
| 4.3 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Jumlah Daun Tanaman Kacang Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)..... | 39 |
| 4.4 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Luas Daun Tanaman Kacang Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)..... | 43 |
| 4.5 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Panjang Akar Tanaman Kacang Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)..... | 46 |
| 4.6 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Berat Kering Tanaman Kacang Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)..... | 49 |

| | |
|----------------------------|----|
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan..... | 53 |
| 5.2 Saran..... | 54 |
| DAFTAR PUSTAKA | 55 |
| LAMPIRAN | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Mekanisme Nitrogenase | 12 |
| Gambar 2.2 Reaksi Pelarutan Fosfat | 14 |
| Gambar 2.3 Jaringan Akar Tanaman yang Terinfeksi Mikoriza | 17 |
| Gambar 2.4 Tanaman Kedelai | 21 |
| Gambar 4.1 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Tinggi Tanaman Kacang Kedelai | 36 |
| Gambar 4.2 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Jumlah Daun Tanaman Kacang Kedelai..... | 41 |
| Gambar 4.3 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Luas Daun Tanaman Kacang Kedelai..... | 45 |
| Gambar 4.4 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Panjang Akar Tanaman Kacang Kedelai..... | 48 |

| | | |
|------------|--|----|
| Gambar 4.5 | Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Berat Kering Tanaman Kacang Kedelai..... | 51 |
|------------|--|----|

DAFTAR TABEL

| | | Halaman |
|-----------|---|---------|
| Tabel 2.1 | Perbandingan Kandungan C dan N Pada Beberapa Macam Bahan Pembawa | 19 |
| Tabel 4.1 | Karakteristik Sifat Fisika Tanah | 31 |
| Tabel 4.2 | Karakteristik Sifat Kimia Tanah..... | 32 |
| Tabel 4.3 | Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Tinggi Tanaman..... | 35 |
| Tabel 4.4 | Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Jumlah Daun Tanaman | 40 |
| Tabel 4.5 | Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Luas Daun Tanaman | 43 |
| Tabel 4.6 | Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Panjang Akar Tanaman..... | 47 |
| Tabel 4.7 | Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Berat Kering Tanaman..... | 50 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | Halaman |
|-------------|--|---------|
| Lampiran 1: | Skema Kerja Penelitian | 67 |
| Lampiran 2: | Data Pengamatan Parameter Pertumbuhan Tanaman | 70 |
| Lampiran 3: | Analisis Data <i>General Liner Model</i> (GLM) dan Tukey..... | 71 |
| Lampiran 4: | Foto Lokasi Pengambilan Tanah | 80 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provinsi Jawa Timur terletak pada 111°0' hingga 114°4' Bujur Timur, dan 7°12' hingga 8°48' Lintang Selatan. Secara fisiografis, wilayah Provinsi Jawa Timur dapat dikelompokkan dalam tiga zona: zona selatan-barat (plato), merupakan pegunungan yang memiliki potensi tambang cukup besar; zona tengah (gunung berapi), merupakan daerah relatif subur terdiri dari dataran rendah dan dataran tinggi (dari Ngawi, Blitar, Malang, hingga Bondowoso); dan zona utara dan Madura (lipatan), merupakan daerah relatif kurang subur (pantai, dataran rendah dan pegunungan). Bagian selatan terdapat rangkaian perbukitan, yakni dari pesisir pantai selatan Pacitan, Trenggalek, Tulungagung, Blitar, hingga Malang. Pegunungan Kapur Selatan merupakan kelanjutan dari rangkaian Pegunungan Sewu di Yogyakarta (PEMPROV JATIM, 2010). Ciri-ciri fisik tanah kurang subur wilayah Jawa Timur bagian Selatan terdiri atas sambungan tanah pegunungan kapur yang bermula dari Gunung Kidul di D.I. Yogyakarta sampai dengan Malang bagian selatan (BAPPENAS, 2012).

Lahan pertanian yang kurang subur membuat para petani menggunakan pupuk anorganik agar mendapatkan hasil panen yang baik. Penggunaan pupuk anorganik menyebabkan kandungan unsur-unsur hara dalam tanah meningkat. Produktivitas lahan pertanian yang meningkat tersebut hanya akan berlangsung dalam waktu yang tidak lama, karena penggunaan pupuk anorganik terus-menerus akan menyebabkan perubahan struktur tanah, pemadatan, kandungan unsur hara dalam tanah menurun, dan pencemaran lingkungan. (Salikin, 2003).

Salah satu langkah efektif yang dapat dikembangkan adalah pemanfaatan pupuk hayati. Pupuk hayati merupakan suatu bahan yang mengandung mikroorganisme bermanfaat untuk

meningkatkan kesuburan tanah. Penggunaan tanah berbasis mikroorganisme ini dapat memperbaiki atau memulihkan kondisi fisik, kimia, dan biologi tanah serta dapat meningkatkan kualitas hasil tanaman (Mezuan, 2002). Mikroorganisme pupuk hayati berkaitan dengan unsur hara (N) dan fosfor (P) yang merupakan unsur hara yang banyak dibutuhkan tanaman (Simunangkit, 2001).

Bakteri penambat nitrogen memiliki kemampuan meningkatkan efisiensi penggunaan N-tersedia dalam tanah. Bakteri tersebut menggunakan nitrogen bebas untuk sintesis sel protein dimana protein tersebut akan mengalami proses mineralisasi dalam tanah setelah bakteri mengalami kematian, dengan demikian bakteri berkontribusi terhadap ketersediaan nitrogen untuk tanaman (Danapriatna, 2010).

Bakteri pelarut fosfat, yaitu mikroorganisme yang dapat melarutkan fosfat yang tidak tersedia menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman. Bakteri pelarut fosfat diketahui dapat memproduksi asam amino, vitamin dan substansi pemacu pertumbuhan seperti *indole acetic acid* (IAA) dan giberelin yang dapat membantu pertumbuhan tanaman (Ponmurugan dan Gopi, 2006). Bakteri pelarut fosfat juga mampu mengubah fosfat tidak larut dengan cara mensekresikan asam organik seperti asam format, asetat, propionate, laktat, glikolat, fumarat, dan suksinat (Suliasih dan Muharam, 2010). Adapun penelitian lain yang diketahui bahwa penambahan mikoriza mampu memberikan hasil yang lebih baik pada parameter tinggi tanaman, luas daun, dan berat kering tajuk (Haryantini dan Santoso, 2001).

Tahun 2013 telah berhasil diisolasi mikroorganisme tanah hasil penelitian mahasiswa Jurusan Biologi ITS Surabaya berupa pupuk hayati dari isolat bakteri penambat nitrogen non simbiotik (*Azotobacter*), bakteri pelarut fosfat (*Bacillus*), dan mikoriza yang merupakan kumpulan dari genus *Glomus* dan *Acaulospora* asal Desa Condro, Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang. Untuk membuat pupuk hayati yang dapat diaplikasikan lebih luas, maka perlu dilakukan uji multilokasi dengan penerapan pupuk hayati

tersebut pada media tanam yang didapat dari lokasi yang berbeda-beda.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh Bakteri Penambat Nitrogen (*Azotobacter*), Bakteri Pelarut Fosfat (*Bacillus*), dan mikoriza (*Glomus* dan *Acaulospora*) terhadap pertumbuhan tanaman kacang kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dengan media tanam dari berbagai lokasi yang berbeda.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian yang dilakukan dengan skala penelitian laboratorium.
2. Media tanam yang digunakan diambil dari 4 lokasi yang berbeda (Blitar, Tulungagung, Trenggalek, dan Pacitan).
3. Inokulan mikroba yang digunakan meliputi Bakteri Penambat Nitrogen non simbiotik (*Azotobacter* sp.), Bakteri Pelarut Fosfat (*Bacillus* sp.) dan mikoriza kumpulan dari genus *Glomus* dan *Acaulospora* yang berasal dari Desa Condro, Kecamatan Pasiran, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur.
4. Parameter yang diamati adalah pengaruh pupuk hayati terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, panjang akar, dan berat kering tanaman.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pupuk hayati Bakteri Penambat Nitrogen (*Azotobacter* sp.), Bakteri Pelarut Fosfat (*Bacillus* sp.), dan mikoriza (*Glomus* dan *Acaulospora*) asal Desa Condro, Lumajang, Jawa Timur terhadap pertumbuhan tanaman kacang kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dengan media tanam yang diambil dari lokasi yang berbeda.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendapat pupuk hayati yang berupa Bakteri Penambat Nitrogen (*Azotobacter*), Bakteri Pelarut Fosfat (*Bacillus*), dan mikoriza (*Glomus* dan *Acaulospora*) yang dapat diaplikasikan secara luas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Lokasi Pengambilan Tanah

2.1.1 Kabupaten Blitar

Kabupaten Blitar berada di sebelah Selatan Khatulistiwa. Tepatnya terletak antara 111°40' - 112°10' Bujur Timur dan 7°58' - 8°9'51" Lintang Selatan. Kabupaten Blitar adalah sebuah kabupaten yang terletak di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Kabupaten Blitar berbatasan dengan Kabupaten Kediri di sebelah utara, Kabupaten Malang di sebelah timur, Samudra Hindia di sebelah selatan, dan Kabupaten Tulungagung disebelah barat. Kabupaten Blitar berada pada ketinggian ± 167 meter dan luas 1.588,79 km², terdapat Sungai Brantas yang membelah daerah ini menjadi dua yaitu kawasan Blitar Selatan yang mempunyai luas 689,85 km² dan kawasan Blitar Utara (Pemkab Blitar, 2011).

Wilayah kabupaten Blitar dapat dibedakan menjadi 3 satuan lahan berdasarkan ketinggian lahan dari permukaan laut, yaitu; (a) ketinggian 0-250 m yang meliputi wilayah Kecamatan Wates, Bakung, Panggungrejo, dan Wonotirto, (b) ketinggian 100-250 m yang meliputi wilayah Kecamatan Kanigoro, Kademangan, Sutojayan, Binangun, Selopuro, Talun dan Kesamben, (c) ketinggian 250 – 500 m yang meliputi kecamatan Udanawu, Wonodadi, Ponggok, Srengat, Sanan Kulon Nglegok dan Garum, (d) ketinggian 250 – 1000 m yang meliputi kecamatan Gandusari, Wlingi dan Ndoko. Kelas kemiringan lahan di wilayah Kabupaten Blitar secara umum dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu: (a) kemiringan lahan 2 – 15 % dan (b) kemiringan lahan 2 – 40 %. Kedalaman tanah di wilayah kabupaten Blitar secara umum di bedakan menjadi: (a) kedalaman efektif < 30 cm, (b) kedalaman efektif 30 – 60 cm, dan (c) kedalaman efektif 60 – 90 cm. Jenis tanah di wilayah kabupaten Blitar secara umum dibedakan menjadi : (a) Aluvial kelabu, (b)

Mediteran, (c) Regosol coklat, dan (d) Kompleks regosol dan Litosol (Pemkab Blitar, 2011).

Wilayah kabupaten Blitar secara umum dapat dibedakan menjadi 5 satuan kemampuan lahan, yaitu: Subkelas I, Subkelas II es, Subkelas II s, Subkelas III es, dan Subkelas IV esw. Dengan demikian di wilayah Kabupaten Blitar, pada wilayah-wilayah yang termasuk dalam Subkelas I hanya di rekomendasikan bagi kegunaan areal tanah pertanian semusim dengan pengairan teknis yang mempunyai nilai tambah ekonomi yang tinggi. Sedangkan areal lahan yang termasuk Subkelas II di rekomendasikan untuk tanaman semusim dengan tindakan-tindakan konserasi khusus (kontur *cropping*, *strip cropping*, rotasi tanam dengan *cover crop*, gulu dan, pemupukan dan pengapuran). Areal lahan yang termasuk Subkelas III mempunyai faktor penghambat untuk pengelolaan lahan, sehingga butuh tindakan konservasi khusus seperti terasering, *strip cropping* dan rotasi dengan *cover crop*. Areal lahan yang termasuk Subkelas IV mempunyai faktor penghambat yang lebih banyak untuk tanaman semusim, diantaranya volum tanah yang dangkal (<30 cm), kemiringan lahan yang sedang sampai curam, potensi erosi yang cukup tinggi dan kekeringan di musim kemarau (Pemkab Tulungagung, 2012).

2.1.2 Kabupaten Tulungagung

Luas wilayah Kabupaten Tulungagung secara keseluruhan sebesar 1.150,41 Km² (105.650 Ha) atau sekitar 2,2% dari seluruh wilayah Provinsi Jawa Timur. Jarak antara Ibukota Kabupaten Tulungagung (Kecamatan Tulungagung) dengan Ibukota Provinsi Jawa Timur (Kota Surabaya) kurang lebih 154 Km ke arah Barat Daya. Sementara jarak antara Ibukota Kecamatan ke Ibukota Kabupaten di Kabupaten Tulungagung berkisar antara 0 – 36 km, dimana Kecamatan Pucanglaban merupakan daerah yang memiliki jarak terjauh dari Ibukota Kabupaten. Adapun batas-batas administrasi Kabupaten Tulungagung adalah sebagai berikut :

| | |
|-----------------|-----------------------------|
| Sebelah Utara | : Kabupaten Kediri |
| Sebelah Timur | : Kabupaten Blitar |
| Sebelah Selatan | : Samudera Hindia/Indonesia |
| Sebelah Barat | : Kabupaten Trenggalek |

Secara geografis Kabupaten Tulungagung terletak antara koordinat $111^{\circ}43'00''$ - $112^{\circ}07'00''$ BT dan $7^{\circ}51'00''$ – $8^{\circ}18'00''$ LS. Kabupaten Tulungagung merupakan salah satu dari 38 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Tulungagung terletak kurang lebih 154 km ke arah barat daya dari Kota Surabaya. Secara administrasi Kabupaten Tulungagung dibagi menjadi 19 (sembilan belas) kecamatan, 271 desa/kelurahan (Pemda Tulungagung, 2012).

2.1.3 Kabupaten Trenggalek

Secara geografis Kabupaten Trenggalek berada diantara koordinat $111^{\circ}24'$ - $112^{\circ}11'$ Bujur Timur dan $7^{\circ}53'$ - $8^{\circ}34'$ Lintang Selatan. Kabupaten Trenggalek secara ketinggian tempat terdiri dari 2/3 wilayah pegunungan dan 1/3 lainnya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 0 sampai dengan 690 meter di atas permukaan air laut. Dua pertiga wilayah Kabupaten Trenggalek yang merupakan kawasan pegunungan dataran rendah memiliki ketinggian antara 0 hingga di atas 100 meter di atas permukaan laut, dan ketinggian tersebut 53,8 % berketinggian 100-500 m. Kabupaten Trenggalek sebagian besar bertopografi terjal lebih dari 40% seluas ± 28.378 ha yang merupakan daerah rawan bencana longsor. Sebagian besar lahan ini merupakan lahan kritis yang rentan mengalami gerakan tanah. Kawasan ini tersebar di beberapa kecamatan diantaranya Kecamatan Bendungan , Pule, Dongko, Watulimo, Munjungan dan Kecamatan Panggul. Luas dataran rendah dengan tingkat kemiringan antara 0-15% adalah ± 42.291 ha (Pemda Trenggalek, 2012).

Struktur tanah di Kabupaten Trenggalek meliputi andosol dan latosol di bagian utara. Batuan Mediteran, grumosol dan regusol yang terletak di bagian timur. Batuan mediteran di bagian

selatan dan batuan alluvial di bagian barat kabupaten (Pemda Trenggalek, 2012).

2.1.4 Kabupaten Pacitan

Kabupaten Pacitan merupakan kabupaten yang terletak di pantai selatan Jawa dan memiliki karakteristik wilayah yang sebagian besar (85% dari luas wilayah) berupa perbukitan serta merupakan kawasan ekokarst. Adapun wilayah administrasi Kabupaten Pacitan setelah diberlakukannya Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah yang ditindaklanjuti dengan Peraturan Pemerintah Nomor 72 Tahun 2005 tentang Desa, maka di Kabupaten Pacitan telah terjadi pengembangan wilayah terutama di desa yang mana terjadi pemekaran desa berjumlah 7 (tujuh) desa. Hal ini mengakibatkan perubahan wilayah administrasi Kabupaten Pacitan dari sebelumnya 12 Kecamatan, 5 kelurahan dan 159 desa menjadi 12 kecamatan, 5 kelurahan dan 166 desa (total 171 Desa/Kelurahan) dengan letak geografis berada antara 110° 55' - 111° 25' Bujur timur dan 7° 55' - 8° 17' Lintang Selatan. Adapun batas-batas administrasi dari Kabupaten Pacitan:

- sebelah Timur : Kabupaten Trenggalek
- sebelah Selatan : Samudera Indonesia
- sebelah Barat : Kabupaten Wonogiri (Jawa Tengah)
- sebelah Utara : Kabupaten Ponorogo

Jenis tanah di wilayah Kabupaten Pacitan sangat beragam, di Kabupaten Pacitan dijumpai 8 (delapan) jenis tanah, Yakni regosol, aluvial, koluvial, podsolik, kambisol, mediteran, rendzina, dan litosol. Jenis-Jenis tanah yang di jumpai di Pacitan sebagaimana tabel (Pemkab Pacitan, 2015).

Litosol, mediteran, dan kambisol merupakan jenis tanah yang dominan di Pacitan. Ketiga jenis tanah ini umumnya menempati wilayah berbukit hingga bergunung. Jenis tanah lainnya yang juga cukup luas terdapat di wilayah ini adalah koluvial dan rendzina. Koluvial banyak dijumpai di daerah

dataran kaki bukit dengan lereng datar. Jenis tanah lainnya, yakni aluvial, oksisol, podsolik, dan regosol hanya dijumpai dalam luasan yang sempit dan spot-spot. Aluvial banyak dijumpai di dataran aluvium Sungai Grindulu dan Sungai Lorog. Sedangkan oksisol hanya dijumpai dalam luasan yang sangat kecil berasosiasi dengan podsolik di daerah agak berbukit hingga berbukit di wilayah Tulakan. Regosol dijumpai di daerah pesisir pantai Teluk Pacitan (Pekab Pacitan, 2015).

2.2 Mikroba Tanah

Tanah merupakan salah satu sumberdaya alam dimana terkandung berbagai macam biota tanah yang sebagian besar jenisnya berperan dalam keanekaragaman hayati di bumi. Organisme tanah melakukan berbagai proses penting dalam suatu ekosistem untuk produksi tanaman, kualitas sumberdaya tanah, dan kesehatan lingkungan, baik tanah pertanian alami maupun yang telah dikelola. Ada sebuah hubungan dua arah antara biota tanah dan produksi pertanian, sebagai contoh biota tanah memiliki peranan penting dalam proses transformasi sejumlah unsur hara, pembentukan pasokan karbon sebagai sumber energi, maupun nutrisi untuk aktivitas mikroba (Gupta *et al.*, 2004).

Aktivitas mikroba dalam tanah memiliki peranan yang penting dalam perombakan bahan organik dan siklus hara yang menempatkan mikroba tanah sebagai salah satu faktor sentral dalam memelihara kesuburan dan produktivitas tanah (Husen *et al.*, 2007).

Banyaknya mikroba berpengaruh terhadap sifat kimia dan fisika tanah, serta pertumbuhan tanaman. Salah satu macam dari bentuk kehidupan mikroba adalah bakteri. Bakteri adalah organisme prokariotik bersel tunggal dengan jumlah kelompok paling banyak dan dapat dijumpai pada tiap ekosistem terestrial. Bakteri memiliki kemampuan metabolik lebih beragam dan memegang peranan penting dalam pembentukan tanah, dekomposisi bahan organik, remediasi tanah – tanah tercemar, transformasi unsur hara, dan mampu berintegrasi secara

mutualistik dengan tanaman. Selain bakteri, adapun cendawan mikoriza (*fungi*) yang merupakan mikroorganisme eukariotik berbentuk filamen yang biasanya ditemukan di tempat – tempat yang banyak mengandung substrat organik. Peran cendawan ini sendiri dalam suatu ekosistem biasanya sebagai perombak bahan organik, simbiosis yang menguntungkan, maupun agen agregasi tanah (Hastuti *et al.*, 2007).

2.2.1 Bakteri Penambat Nitrogen

Nitrogen (N) merupakan nutrisi paling penting yang menentukan pertumbuhan vegetatif dan kualitas hasil tanaman. Saat ini, penggunaan pupuk sintesis N dalam bercocok tanam menemui beberapa permasalahan terkait efisiensi penggunaannya yang tergolong rendah, yakni sekitar 30 – 50% saja yang mampu diserap oleh tanaman karena sifat N mudah tercuci dan menguap. Di lain pihak dapat diketahui bahwa kandungan N₂ di udara sangat melimpah, yakni hampir sekitar 78% tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman dan hanya dapat tersedia melalui fiksasi N₂ (Setiawati *et al.*, 2008).

Kebutuhan bakteri akan unsur N dapat dipenuhi dari sumber N yang terdapat dalam berbagai senyawa organik maupun dari N₂ udara. Bakteri mampu melakukan penambatan nitrogen udara, baik melalui non-simbiosis (*free-living nitrogen-fixing bacteria*) maupun simbiosis (*root-nodulating bacteria*) (Simanungkalit *et al.*, 2006).

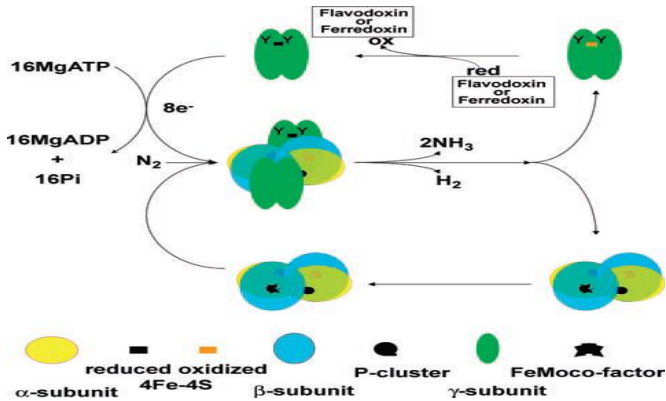
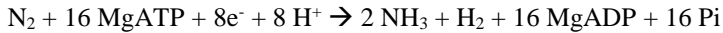
Bakteri penambat nitrogen yang biasa berperan sebagai stimulus dalam pertumbuhan maupun pencegah penyakit pada tanaman biasa dikenal dengan sebutan PGPR (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*). Beberapa genera yang termasuk ke dalam kelompok fungsional ini diantaranya adalah *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Campylobacter*, *Derrxia*, *Pseudomonas stutzeri*, dan beberapa jenis dari *Enterobacteriaceae* (Franché *et al.*, 2009). Beberapa spesies *Azotobacter* mampu menghasilkan protein untuk mengikat

nitrogenase dan melindunginya dari kerusakan oleh oksigen (Hastuti, 2007).

Mekanisme perubahan molekul nitrogen menjadi ammonia secara enzimatis dikatalisis oleh nitrogenase yang dihasilkan dari bakteri non simbiotik maupun simbiotik diazotroph. Bentuk enzim nitrogenase pada umumnya berupa Mo-nitrogenase yang mengandung gugus prostetik dengan molybdenum, FeMoCo. Beberapa bakteri seperti *Azotobacter* dan penambat nitrogen fotosintetik membawa bentuk tambahan dari nitrogenase yang mengandung kofaktor vanadium (V-nitrogenase) atau besi (Fe-nitrogenase) (Rubio and Ludden dalam Franche *et al.*, 2009).

Reduksi N_2 terjadi pada protein MoFe ($\alpha_2\beta_2$ heterotetramer) dalam suatu reaksi kompleks dengan berbagai tahapan dengan protein Fe (γ_2 homodimer). Elektron ditransfer sebanyak 6 kali tiap molekul N_2 difiksasi dan nitrogenase juga mereduksi proton ke H_2 , dengan melepaskan dua elektron. Total energi yang dibutuhkan untuk reduksi N_2 adalah sebesar 16 MgATPs dengan delapan elektron yang ditransfer. Berikut gambar yang dapat menjelaskan tentang mekanisme nitrogenase dalam proses reduksi N_2 (gambar 2.1) (Cheng, 2008).

Reduksi nitrogen merupakan suatu mekanisme yang sangat kompleks yang hingga saat ini masih belum dapat dijelaskan secara menyeluruh. Hasil bersih dari reduksi nitrogen menjadi ammonia secara umum dapat dijelaskan melalui persamaan rumus kimia seperti berikut (Franche *et al.*, 2009).



Gambar 2.1 Mekanisme Nitrogenase (Cheng, 2008).

Inokulasi bakteri penambat nitrogen seperti sudah sering kali digunakan di Rusia pada tahun 1950an. Keuntungan yang dihasilkan dari inokulan *Azotobacter* dan *Bacillus* tergantung pada sistem lahan, jenis tanaman, tanah, dan parameter lainnya. Sebagai contoh, adapun hasil dari penggunaan inokulan *Azotobacter paspali* mampu meningkatkan kandungan N lebih dari 150 kg/ha/tahun (Boddey *et al.* dalam Franche, *et al.*, 2009). Tidak hanya meningkatkan kandungan unsur N, akan tetapi inokulan BPN (*Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp.) juga memberikan pengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman *Ocimum basilicum* dengan hasil peningkatan tinggi tanaman, jumlah batang, berat basah maupun kering tanaman (Gendy *et al.*, 2013).

2.2.2 Bakteri Pelarut Fosfat

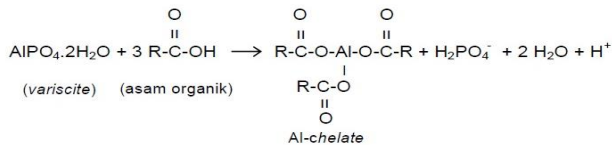
Unsur fosfat (P) adalah unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Ketersediaan fosfat dalam tanah pada proses fotosintesis masih terbilang jarang yang melebihi 0,01% dari total kandungan P. Sebagian besar bentuk fosfat terikat oleh koloid tanah, sehingga

tidak dapat tersedia bagi tanaman. Fosfat tidak dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin oleh tanaman, karena fosfat berada dalam bentuk P-terikat di dalam tanah, sehingga petani tetap melakukan pemupukan P di lahan sawah walaupun sudah terdapat kandungan P yang cukup memadai. Pada tanah – tanah masam, fosfat akan bersenyawa dalam bentuk – bentuk Al-P, Fe-P, dan *occluded*-P, sedangkan pada tanah – tanah alkali, fosfat akan bersenyawa dengan kalsium (Ca) sebagai Ca-P membentuk senyawa kompleks yang sukar larut (Simanungkalit *et al.*, 2006).

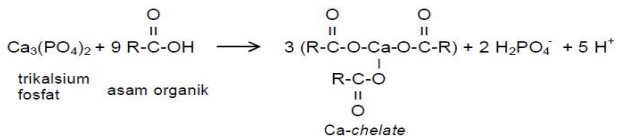
Mikroba tanah seperti bakteri *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Xanthomonas*, fungi *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Culfularia*, serta golongan Aktinomisetes seperti *Streptomyces* mempunyai kemampuan melarutkan fosfat-anorganik tak larut dengan mensekresikan asam – asam organik. Setiap mikroba pelarut fosfat (MPF) mampu menghasilkan jenis dan jumlah asam organik yang berbeda dan ada kemungkinan satu jenis MPF dapat menghasilkan lebih dari satu jenis asam organik. Kemampuan asam organik dalam melarutkan fosfat akan menurun dengan menurunnya konstanta stabilitas (log K) menurut urutan sebagai berikut: asam sitrat > oksalat > tartat > malat > laktat > glukonat > asetat > format (Santosa, 2007).

Fosfat di dalam tanah secara alami terdapat dalam bentuk organik dan anorganik. Kedua macam bentuk tersebut merupakan bentuk fosfat yang tidak larut atau sedikit larut, sehingga ketersediaannya bagi biota tanah sangat terbatas. Mineral fosfat anorganik pada umumnya terikat sebagai $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*variscite*) dan $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*strengite*) pada tanah masam dan sebagai $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (trikalsium fosfat) pada tanah basa. Asam – asam organik sangat berperan dalam pelarutan fosfat karena asam organik tersebut relatif kaya akan gugus – gugus fungsional karboksil ($-\text{COO}^-$) dan hidroksil ($-\text{O}^-$) yang bermuatan negatif, sehingga memungkinkan untuk membentuk senyawa kompleks dengan ion (kation) logam yang biasa disebut *chelate*. Asam – asam organik meng-*chelate* Al, Fe atau Ca yang mampu mengakibatkan fosfat terlepas dari ikatan $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,

$\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, atau $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sehingga meningkatkan kadar fosfat-terlarut dalam tanah. Keadaan ini akan meningkatkan ketersediaan fosfat dalam tanah (Santosa, 2007). Berikut reaksi pelarutan fosfat dari Al-P atau Fe-P pada tanah masam oleh asam organik yang dihasilkan MPF (gambar 2.2).



Sedangkan reaksi pelarutan fosfat dari Ca-P pada tanah basa oleh asam organik sebagai berikut:



Gambar 2.2 Reaksi Pelarutan Fosfat (Santosa, 2007).

Beberapa jenis bakteri diketahui sangat efektif dalam melarutkan fosfat dari batuan fosfat maupun residu fosfat dalam tanah. Sebagai contoh, *Bacillus megaterium* var *phosphaticum* telah dibuat formulanya dalam bentuk inokulan *phosphobacterin*. Inokulan ini berhasil digunakan dalam upaya peningkatan P-tersedia pada tanah – tanah di Uni Soviet, akan tetapi masih gagal digunakan di Amerika Serikat (Mullen dalam Santosa, 2007).

2.2.3 Mikoriza

Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara fungi dan sistem perakaran tumbuhan. Peran mikoriza adalah membantu penyerapan unsur hara tanaman, peningkatan pertumbuhan dan hasil produk tanaman. Sebaliknya, fungi memperoleh energi hasil asimilasi dari tumbuhan. Walaupun simbiosis mikoriza dengan tumbuhan pada lahan subur tidak banyak berpengaruh positif, namun pada kondisi ekstrim mampu

meningkatkan sebagian besar pertumbuhan tanaman (Smith and Read 2008).

Sedikitnya terdapat 5 manfaat utama dari mikoriza untuk perkembangan tanaman yang menjadi inangnya, yaitu meningkatkan absorpsi hara dari dalam tanah, sebagai penghalang biologi terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, meningkatkan hormon pemacu tumbuh dan menjamin terselenggaranya siklus bigeokimia (Prihastuti *dalam* Duaja *et al.*, 2008).

Beberapa jenis jamur yang membentuk asosiasi mikoriza vesikular-arbuskular, meliputi sekitar 150 spesies yang terdiri dari genus *Gigaspora* dan *Scutellospora* (*Gigasporaceae*), *Glomus*, *Sclerocytis* (*Glomaceae*), *Acaulospora* dan *Entrophospora* (*Acaulosporaceae*) (Brundrett, 2009).

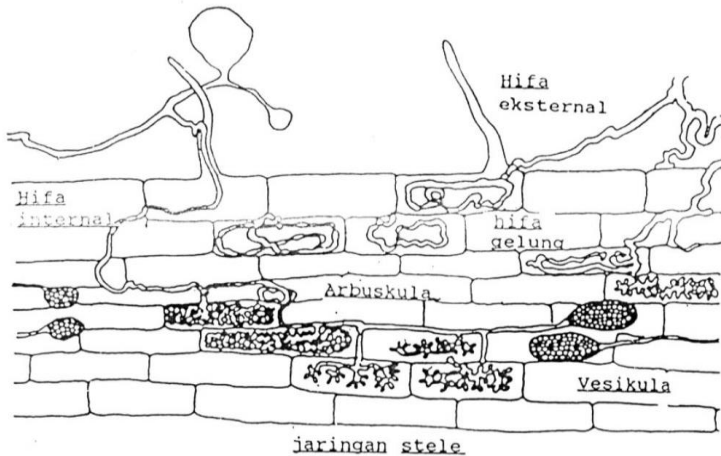
Tanaman pertanian yang telah dilaporkan terinfeksi mikoriza vesikular-arbuskular adalah kedelai, barley, bawang, kacang tunggak, nenas, padi gogo, pepaya, selada, singkong dan sorgum (Puspitasari *dkk.*, 2012). Salah satu mikoriza yang sering kali dimanfaatkan dalam sektor pertanian adalah cendawan atau fungi mikoriza arbuskular. Pembentukan mikoriza dapat mengubah beberapa aspek fisiologi tanaman, unsur hara dan sifat – sifat fisik dari tanah di daerah rhizosfer. Pengaruh tersebut dapat mengubah bentuk kolonisasi dari akar ataupun daerah akar yang bermikoriza oleh mikroorganisme tanah. Daerah rhizosfer dari tanaman bermikoriza (mikrorhizosfer) merupakan gudang dari sebagian aktivitas mikroba yang bertanggungjawab terhadap beberapa proses kunci dalam ekosistem (Barea *et al.*, 2005).

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) diketahui dapat membantu tanaman dalam penyediaan dan penyerapan unsur P yang rendah ketersediannya pada tanah. Fungi ini memiliki berbagai pengaruh yang memberikan kontribusi pada perbaikan dari berbagai cekaman yang dialami oleh tanaman, misalnya toksisitas logam berat, cekaman oksidatif, cekaman air, dan tanah masam (Finlay, 2004). FMA telah terbukti mampu meningkatkan

pertumbuhan tanaman pada kondisi tanah yang masam (Kanno et al., 2006).

Secara umum tanaman yang bermikoriza memiliki pertumbuhan yang lebih baik. Hubungan timbal balik antara cendawan mikoriza dengan tanaman inangnya mampu mendatangkan manfaat yang positif untuk keduanya. Hal ini menyebabkan inokulasi cendawan mikoriza dapat dikatakan sebagai pupuk hayati, baik untuk tanaman pangan, perkebunan, kehutanan maupun tanaman penghijauan karena kemampuannya dalam memberikan hasil pertumbuhan yang lebih baik pada tanaman (Nurhayati, 2012).

Dalam hubungan simbiosis ini, mikoriza mendapatkan keuntungan nutrisi (karbohidrat dan zat tumbuh lainnya) untuk keperluan hidupnya dari akar tanaman dimana ketergantungan aktivitas hidupnya terhadap tanaman inang sangat tinggi. Lebih dari 40% senyawa karbon (C) hasil fotosintesis dialokasikan ke bagian akar dan sekitar sepertiga diantaranya diberikan kepada mikoriza. Sedangkan tanaman dapat meningkatkan pengambilan unsur P apabila akar dari tanaman tersebut mampu bersimbiosis dengan mikoriza. Mikoriza sendiri mampu menghasilkan asam – asam organik yang membebaskan P terfiksasi. Infeksi mikoriza pada sistem perakaran tanaman dapat meningkatkan serapan P pada tanah – tanah yang rendah unsur hara P (Prihastuti, 2007). Berikut ilustrasi yang memperlihatkan kondisi jaringan akar tanaman yang terinfeksi mikoriza (gambar 2.3).



Gambar 2.3 Jaringan Akar Tanaman yang Terinfeksi Mikoriza (Allen dalam Prihastuti, 2007).

Pemanfaatan mikoriza arbuskular menjadi salah satu solusi dan alternatif untuk pengembangan dan peningkatan jumlah produksi pertanian, mengingat mikoriza adalah sumberdaya hayati potensial yang tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Namun meski demikian, keunggulan mikoriza masih tergantung pada banyak faktor karena sifatnya yang sangat spesifik, yakni spesifik tanaman inang, habitat, maupun infektivitasnya (Sasli *et al.*, 2012).

2.2.4 Penggunaan Mikroba Tanah sebagai Inokulan

Penggunaan mikroba sebagai agen hayati yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dikenal dengan istilah inokulan yang didefinisikan sebagai suatu bentuk formula yang mengandung satu atau lebih spesies dari mikroba yang menguntungkan, yang diaplikasikan terlebih dahulu ke dalam media pembawa sebelum akhirnya dapat diinokulasikan pada tanaman (Bashan 1998).

Penggunaan inokulan dengan media pembawa sendiri dapat meningkatkan efektifitas kerja inokulan sebagai agen pupuk hayati, memiliki waktu penyimpanan yang lebih tahan lama, dan proses asimilasi mikroorganisme dalam media pembawa dapat ditangani lebih mudah. Sedangkan pemilihan bahan pembawa untuk inokulan dapat digunakan apabila bahan tersebut tidak bersifat racun terhadap inokulan mikroorganisme itu sendiri, memiliki kapasitas absorpsi kelembaban yang baik, mudah dilakukan sterilisasi dengan autoklaf maupun penyinaran sinar gamma, mudah digunakan dan tidak mahal (pemanfaatan limbah lebih baik) (Muraleedharan *et al.*, 2010).

Penggunaan inokulan dengan media pembawa biasanya dibuat melalui beberapa tahapan dalam proses *composting* terlebih dahulu, dimana hal tersebut mampu memberikan struktur C yang stabil akibat perubahan material organik dari bahan pembawa untuk inokulan mikroba. Hasil dari proses tersebut juga memiliki keunggulan karena akan lebih mudah untuk diaplikasikan pada tanaman di kebun, lahan budidaya, maupun lahan pertanian. Salah satu aspek penting dalam proses dan hasil *composting* itu sendiri adalah kandungan C dan N pada bahan pembawa, dimana idealnya memiliki kandungan sekitar 25 – 30. Berikut tabel 2.2 yang menunjukkan beberapa pilihan media pembawa yang dapat digunakan untuk inokulan dalam proses *composting* (Smith *et al.*, 2007).

Tabel 2.1 Perbandingan Kandungan C dan N Pada Beberapa Macam Bahan Pembawa (Smith *et al.*, 2007)

| Bahan Pembawa | C dan N |
|----------------------|-----------|
| Lumpur aktif | 9 |
| Sisa potongan rumput | 12 – 15 |
| Kotoran | 20 - 50 |
| Limbah ternak | 15 |
| Humus tanah | 10 |
| Serbuk kayu | 200 - 500 |
| Limbah sayuran | 12 |
| Jerami | 80 |
| Kayu | 400 |

Pemakaian inokulan mikroba bertujuan untuk meningkatkan jumlah mikroba dan mempercepat proses mikrobial tertentu untuk menambah banyaknya ketersediaan unsur hara dalam bentuk tersedia yang dapat diasimilasi oleh tanaman (Subha Rao *dalam* Simanungkalit *et al.* 2006).

2.3 Pupuk Hayati

Pupuk hayati (*biofertilizer*) didefinisikan sebagai substansi yang mengandung mikroorganisme hidup yang mengkolonisasi daerah rhizosfer atau bagian dalam tanaman dan memacu pertumbuhan tanaman dengan jalan meningkatkan pasokan ketersediaan hara primer atau stimulus pertumbuhan tanaman target, bila dipakai pada benih, permukaan tanaman, ataupun pada tanah. Pemanfaatan pupuk hayati dilakukan berdasarkan respon positif terhadap peningkatan efektifitas dan efisiensi pemupukan, sehingga dapat menghemat biaya pupuk dan penggunaan tenaga kerja (Moelyohadi *et al.*, 2012).

Teknologi alternatif pupuk hayati yang saat ini banyak dikembangkan adalah pengemasan pupuk hayati ke dalam bentuk pupuk organik (kompos, sari limbah, dan sebagainya) dengan penggunaan inokulan jasad renik tanah (bakteri pelarut fosfat, penambat nitrogen, mikoriza dan sebagainya). Peran pupuk hayati tersebut sendiri telah terbukti mampu memperbaiki sifat – sifat tanah, meningkatkan produktivitas tanaman, dan meningkatkan

efisiensi pemupukan (Bertham, 2002). Pupuk hayati digunakan untuk membantu tanaman memperbaiki nutrisinya dikomersialkan pertama kali oleh dua orang ilmuwan Jerman, yaitu F. Nobbe dan L. Hiltner dengan mikroba berupa rhizobia. Proses inokulasinya pun sudah dipatenkan sehingga dapat dipasarkan ke berbagai pasar di dunia dengan nama Nitragin (Simanungkalit *et al.*, 2006).

Pupuk hayati dapat dibuat dengan cara memanfaatkan sisa-sisa limbah organik atau kompos steril yang ditambahkan dengan beberapa mikroorganisme hidup hasil isolasi dari beberapa lahan. Beberapa kelompok mikroorganisme tanah yang biasanya berhasil diisolasi terdiri dari bakteri pelarut fosfat, bakteri penambat nitrogen, jamur pelarut fosfat, dan jamur pendegradasi lignoselulosa (Subowo *et al.*, 2010).

2.4 Tanaman Kacang Kedelai

Berdasarkan klasifikasi tanaman kedelai kedudukan tanaman kedelai dalam sistematika tumbuhan (taksonomi) diklasifikasikan sebagai berikut (Cahyono, 2007):

| | |
|------------|-----------------------------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Divisi | : Spermatophyta |
| Sub-divisi | : Angiospermae |
| Kelas | : Dicotyledonae |
| Ordo | : Polypetales |
| Famili | : Leguminosea |
| Sub-famili | : Papilionoideae |
| Genus | : Glycine |
| Species | : <i>Glycine max</i> (L.) Merrill |

Tanaman kedelai memerlukan kondisi yang seimbang antara suhu udara dengan kelembapan yang dipengaruhi oleh curah hujan. Secara umum tanaman kedelai memerlukan suhu udara yang tinggi dan curah hujan (kelembapan) yang rendah. Apabila suhu udara rendah dan curah hujan (kelembapan) berlebihan, menyebabkan penurunan kualitas kedelai yang dihasilkan (Suprapti, 2005).

Menurut Firmanto (2011), Tanaman kedelai mempunyai daya adaptasi yang luas terhadap berbagai jenis tanah. Kedelai dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah asal drainase (tata air) dan aerasi (tata udara) tanah cukup baik. Dalam praktek di lapangan, sering digunakan pedoman yaitu apabila tanaman jagung dapat tumbuh dengan baik pada suatu jenis tanah, tanaman kedelai pun dapat tumbuh baik pada jenis tanah tersebut. Selain itu, tanaman kedelai akan tumbuh dengan baik dan berproduksi tinggi pada tanah yang subur dan gembur, kaya akan humus atau bahan organik dan memiliki pH (derajat keasaman) antara 5,8 – 7,0 dan ketinggian kurang dari 600 m dpl.



Gambar 2.4 Tanaman Kedelai (Anonim, 2009).

Masa pertumbuhan kedelai memerlukan air yang tinggi atau kelembaban tanah yang cukup tinggi adalah pada stadia awal vegetatif (perkecambahan), stadia berbunga, serta stadia pembentukan/pengisian polong. Pertumbuhan tanaman kedelai sangat peka terhadap perubahan kondisi lingkungan tumbuh serta menentukan tingkat keberhasilan pertumbuhan tanaman kedelai (Adisarwanto, 2008).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini dilakukan mulai bulan Maret hingga Juni 2015 di Laboratorium Botani jurusan Biologi, dan *Urban Farming*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengambilan sampel tanah diambil pada 4 lokasi berbeda meliputi:

1. Desa Popoh, Kecamatan Selopuro, Kabupaten Blitar, Jawa Timur.
2. Desa Pinggirsari, Kecamatan Ngantru, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur.
3. Desa Durenan, Kecamatan Durenan, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur.
4. Desa Nanggung, Kecamatan Pacitan, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.

Pengambilan sampel tanah tersebut akan dilakukan pada 26 – 27 Maret 2015.

3.2 Metode yang Digunakan

3.2.1 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah menggunakan metode sederhana. Tanah diambil 0-20 cm dengan menggunakan skop (Purwani, 2012). Sampling tanah dilakukan secara acak dilaksanakan dengan menentukan titik-titik pengambilan tanah secara acak, tetapi menyebar rata diseluruh bidang tanah yang diwakili. Setiap titik yang diambil mewakili daerah sekitarnya (LITPAN, 2001). Tanah dibersihkan dengan mengayak tanah menggunakan saringan tanah agar terpisah dari batuan besar, ranting, dedaunan atau kotoran-kotoran yang lainnya.

3.2.2 Analisis Sifat Fisika Kimia Tanah

Tanah yang akan digunakan sebagai media tanam dianalisis sifat fisika dan kimia terlebih dahulu sebanyak 1 kg. Parameter

yang diukur dalam sifat fisiknya adalah tekstur tanah sedangkan parameter yang diukur untuk sifat kimia meliputi pH tanah, kandungan C-organik, dan kandungan NPK. Analisa sifat fisika dan sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Barawijaya Malang.

3.2.3 Peremajaan Isolat Bakteri

Isolat bakteri yang didapatkan dari hasil isolasi pada penelitian yang dilakukan tahun 2013 pada lahan budidaya tanaman cabai rawit asal Desa Condro, Lumajang, Jawa Timur dibuat menjadi sub kultur kerja. Isolat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bakteri penambat nitrogen non simbiotik dan bakteri pelarut fosfat. Masing – masing sub kultur bakteri dilakukan pada medium NA (*Nutrient Agar*) yang telah disterilkan dalam autoklaf dengan suhu 121°C, tekanan 1.5 atm selama 15 menit. Selanjutnya diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam.

3.2.4 Pembuatan Pupuk Hayati BPN

Kultur isolat *Azotobacter* sp. yang berusia 24 jam dalam medium NA (*Nutrient Agar*) sebanyak 15 mL dalam 1 cawan petri dilarutkan terlebih dahulu ke dalam larutan molase dan akuades dengan perbandingan volume larutan 1 : 6. Campuran tersebut kemudian dicampurkan ke dalam media pembawa berupa serbuk gergaji sebanyak 2 kg yang sebelumnya telah disterilisasi dengan autoklaf selama 60 menit pada suhu 121°C (Muraleedharan *et al.*, 2010).

Proses pembuatan pupuk hayati BPN siap pakai untuk tanaman ini dilakukan seperti pembuatan kompos organik (Smith *et al.*, 2007) dimana harus selalu dilakukan pengadukan secara berkala selama 2 minggu dengan penambahan nutrisi berupa 10 mL molase per 1 kg media pembawa setiap 3 hari sekali, serta akuades untuk menjaga kelembapan kondisi media pembawa. Hal tersebut dilakukan secara terus menerus hingga terjadi perubahan

warna pada media pembawa yang diasumsikan bahwa inokulan bakteri telah hidup di dalam media pembawa dan dapat diaplikasikan pada tanaman (Nurhidayati *et al.*, 2008).

3.2.5 Pembuatan Pupuk Hayati BPF

Kultur isolat *Bacillus* sp. yang berusia 24 jam dalam medium NA (*Nutrient Agar*) sebanyak 15 mL dalam 1 cawan petri dilarutkan terlebih dahulu ke dalam larutan molase dan akuades dengan perbandingan volume larutan 1 : 6. Campuran tersebut dicampurkan ke dalam media pembawa berupa pupuk kandang sebanyak 2 kg yang sebelumnya telah disterilisasi dengan autoklaf selama 60 menit pada suhu 121°C (Muraleedharan *et al.*, 2010).

Proses pembuatan pupuk hayati BPF siap pakai untuk tanaman ini dilakukan seperti pembuatan kompos organik dimana harus selalu dilakukan pengadukan secara berkala selama 2 minggu dengan penambahan nutrisi berupa 10 mL molase per 1 kg media pembawa setiap 3 hari sekali, serta akuades untuk menjaga kelembapan kondisi media pembawa. Hal tersebut dilakukan secara terus menerus hingga terjadi perubahan tekstur pada media pembawa yang diasumsikan bahwa inokulan bakteri telah hidup di dalam media pembawa dan dapat diaplikasikan pada tanaman (Nurhidayati *et al.*, 2008).

3.2.6 Persiapan Propagul Mikoriza

Inokulan mikoriza yang digunakan dalam penelitian ini merupakan koleksi hasil produk dari laboratorium Botani Jurusan Biologi ITS Surabaya dalam bentuk propagul dengan jumlah spora sebanyak 430/50 gram, yang berasal dari hasil perbanyakan spora asal Desa Condro, Lumajang, Jawa Timur dengan tanaman inang jagung (*Zea mays*).

Media tanam yang digunakan merupakan tanah steril yang dimasukkan ke dalam polibag, kemudian dibuat media tanam dan ditambahkan starter mikoriza sebanyak 20 gram ke dalamnya. Lima biji jagung diletakkan pada setiap media tanam kemudian

ditutup dengan menggunakan media tanam steril hingga benih jagung tidak terlihat. Pemeliharaan tanaman dilakukan selama 2 minggu di tempat yang sejuk dengan kebutuhan cahaya dan air yang cukup. Setelah 2 minggu dilakukan stressing pada tanaman inang yaitu dengan menghentikan pemeliharaan tanaman. Dilakukan topping, yaitu memotong tajuk tanaman inang dan menyisahkan batang bagian bawah kira-kira $\frac{1}{4}$ saja. Pemanenan dilakukan setelah tanaman inang mengalami stressing selama 3 minggu. Pemanenan dilakukan dengan cara membongkar tanaman inang dan mengambil bagian akarnya. Akar dipotong kecil-kecil lalu dicampur dengan media tanam (Setiawati, 2010).

3.2.7 Penanaman Benih

Benih yang akan ditanam direndam terlebih dahulu selama 2 jam dan diseleksi. Media tanam yang digunakan dalam penanaman benih adalah tanah. Pupuk hayati BPN, pupuk hayati BPF, dan mikoriza diinokulasikan masing-masing sebanyak 1 gram pada lubang tanam dalam kedalaman ± 1 cm pada media tanam sesuai dengan perlakuan pada tabel 3.1, kemudian diletakkan benih tanaman yaitu 1 biji kacang kedelai pada lubang tanam kemudian ditutup dengan media tanam hingga tidak terlihat.

3.2.8 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman yang dilakukan setiap hari untuk menjaga kelembapan, apabila tidak terlalu panas penyiraman dilakukan sehari sekali yaitu pagi hari (Purwani, 2012) dan pengendalian hama dengan penyemprotan insektisida *Decis 2,5 EC* dengan dosis 0,5 ml air, sedangkan untuk penyakit dapat digunakan fungisida *Dithane M 45* dengan dosis 2 gr/liter air (Khairani, 2008).

3.2.9 Parameter Pengamatan Pertumbuhan Tanaman

Pengamatan pertumbuhan yang diamati adalah pertumbuhan vegetatifnya tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, panjang akar dan berat kering tanaman.

1. Tinggi tanaman (cm)

Pengukuran tanaman dilakukan dengan menggunakan benang dan penggaris dari batas terbawah pertumbuhan sampai batas teratas pertumbuhan yaitu daun terakhir yang tumbuh (Sitompul dan Guritno, 1995 *dalam* Nainggolan, 2011).

2. Jumlah daun (helai)

Perhitungan jumlah helai daun dilakukan pada daun yang sehat dan daun yang layu (Sastrahidayat dan Rochdjatun, 2011).

3. Luas daun

Luas daun diukur dengan menggunakan metode *blue print*. Daun yang diukur adalah daun tanaman contoh, pengukuran dilakukan pada akhir penelitian (Nurshanti, 2009).

$$\text{Luas daun} = \frac{\text{Berat pola} \times \text{Luas kertas (cm)}^2}{\text{Berat kertas}}$$

Keterangan :

Berat Pola : Kertas yang sudah dibuat gambar

Berat Kertas: Berat kertas yang belum digambar

Luas Kertas : Kertas yang pertama kali digunakan

4. Berat kering tanaman (g tanaman⁻¹)

Pengukuran berat kering dilakukan pada akar dan tajuk. Pengukuran berat kering dilakukan setelah tanaman di panen yaitu 12 minggu setelah tanam. Bagian tanaman dipisahkan sehingga diperoleh 2 bagian tanaman yaitu akar dan tajuk. Akar kemudian dicuci dengan air di dalam beaker glass dan bilas kembali menggunakan aquades. Akar yang telah dicuci lalu diletakkan di antara kertas saring menggunakan pinset untuk menyerap sisa – sisa air cucian. Kemudian setelah air terserap, dilakukan penimbangan berat basah dengan menggunakan neraca analitik. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada tajuk. Selanjutnya akar dan tajuk tersebut

dikeringkan pada suhu 70°C di dalam oven selama 2 hari. Akar dan tajuk yang telah benar – benar kering kemudian di timbang menggunakan neraca analitik (Sastrahidayat dan Rochdjatun, 2011).

5. Panjang akar (cm)

Panjang akar diukur mulai pangkal tumbuhnya akar sampai ujung akar dengan menggunakan meteran jahit. Pengukuran panjang akar dilakukan setelah tanaman dipanen yaitu dengan mencabut tanaman dari tanah dengan hati-hati (Datta, 2012).

3.3 Rancangan Penelitian dan Analisa Data

3.3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian berupa Rancangan Acak Lengkap (RAL) secara faktorial yang terdiri atas 2 faktor.

Faktor pertama adalah perbandingan komposisi pupuk hayati (BPN : BPF : Mikoriza) (K) yang terdiri atas 5 taraf, yaitu:

$$K_0 = 0 : 0 : 0 \quad K_4 = 1 : 2 : 3$$

$$K_1 = 1 : 1 : 1 \quad K_5 = 1 : 3 : 2$$

$$K_2 = 2 : 2 : 2 \quad K_6 = 2 : 3 : 1$$

$$K_3 = 3 : 3 : 3$$

Faktor kedua adalah lokasi pengambilan media tanam yang terdiri dari 4 taraf, yaitu:

L_1 = Lokasi pengambilan media tanam di Kabupaten Blitar

L_2 = Lokasi pengambilan media tanam di Kabupaten Tulung Agung

L_3 = Lokasi pengambilan media tanam di Trenggalek

L_4 = Lokasi pengambilan media tanam di Pacitan

Dengan demikian terdapat 7 kombinasi perlakuan yang masing – masing diulang sebanyak tiga kali.

3.3.2 Analisa Data

Variabel pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat kering tanaman, dan panjang akar.

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan pertumbuhan tanaman kacang kedelai diuji dengan menggunakan *General Linear Model* (GLM) *two way* dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui pengaruh perlakuan atau kombinasi perlakuan terhadap parameter yang diukur. Jika terdapat perbedaan nyata ($P < 0,05$) maka dilanjutkan dengan uji Tukey untuk membandingkan perlakuan yang terpilih. Hipotesis yang digunakan dan diuji dalam penelitian ini adalah:

H_0 : Tidak ada pengaruh dari kombinasi konsentrasi pupuk hayati dan lokasi pengambilan media tanam terhadap pertumbuhan tanaman kacang kedelai.

H_1 : Ada pengaruh dari kombinasi konsentrasi pupuk hayati dan lokasi pengambilan media tanam terhadap pertumbuhan tanaman kacang kedelai.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Sifat Fisika dan Kimia Tanah

Tanah memiliki dua fungsi utama yaitu sebagai sumber hara bagi tumbuhan, dan sebagai matrik tempat akar tumbuh berjangkar dan air tanah tersimpan, serta tempat unsur-unsur hara dan air ditambatkan (Sudomo, 2007).

Analisa sifat fisika dan kimia tanah perlu diketahui sebelum penanaman dilakukan untuk mengetahui perbedaan unsur hara dan karekter fisik masing-masing tanah. Hasil analisa sifat fisika dan kimia tanah dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4.1 Karakteristik Sifat Fisik Tanah

| Lokasi | | | | |
|-------------------|---------|--------|--------|----------------------|
| Pengambilan Tanah | Pasir % | Debu % | Liat % | Tekstur |
| L ₁ | 77 | 16 | 7 | Pasir Berdebu |
| L ₂ | 12 | 67 | 21 | Lempung Berdebu |
| L ₃ | 8 | 53 | 39 | Lempung Liat Berdebu |
| L ₄ | 4 | 72 | 24 | Lempung Berdebu |

Keterangan : L₁ = Blitar, L₂ = Tulungagung, L₃ = Trenggalek, L₄ = Pacitan.

Kemampuan hidup suatu tanaman di suatu tempat berbeda-beda tergantung dari sifat genetik dan lingkungan (Gardener *et al*, 1991). Salah satu faktor lingkungan tersebut adalah sifat fisik tanah. Pertumbuhan tanaman tidak hanya bergantung pada persediaan unsur hara namun juga terhadap sifat fisik tanah yang berpengaruh langsung dalam perekatan akar tanaman, air, dan udara dalam tanah yang mempengaruhi aspek-aspek biologi dan kimia tanah. Salah satu sifat fisik tanah yang berpengaruh adalah tekstur tanah. Pada daerah selatan dijumpai bahwa rata-rata memiliki tekstur tanah lempung berdebu. Tanah yang diambil pada lokasi 4 (Pacitan) dan lokasi 2 (Tulungagung) memiliki tekstur lempung berdebu. Menurut Hanafiah (2007), tanah bertekstur debu dan lempung akan mempunyai ketersediaan yang

optimum bagi tanaman, namun dari segi nutrisi tanah lempung lebih baik daripada tanah bertekstur debu.

Sementara itu, lokasi 1 (Blitar) memiliki tekstur pasir berdebu. Tanah pasir termasuk kedalam kelompok tanah bertekstur kasar (Yulipriyanto, 2010). Tanah pasir cenderung sulit untuk menahan air, tetapi mempunyai aerasi dan drainase yang baik. Pada umumnya tanah pasir banyak didominasi mineral primer jenis kwarsa (SiO_2) yang tahan terhadap pelapukan dan sedikit mineral sekunder. Mineral kwarsa mempunyai sifat inert atau sulit bereaksi dengan senyawa lain dan sukar mengalami pelapukan. Kondisi ini menjadikan tanah pasir menjadi tidak subur, rendah kandungan unsur hara dan tidak produktif bagi pertumbuhan tanaman (Hanafiah, 2007). Ketika dilakukan proses penyiraman pada tanaman dengan media tanam pasir, maka unsur hara yang dikandungnya akan hilang bersamaan dengan air yang mengalir dari selah-selah polibag. Hal inilah yang menyebabkan tanaman dengan media tanam Blitar memiliki hasil yang rendah.

Tabel 4.2 Karakteristik Sifat Kimia Tanah

| Lokasi Pengam- bilan Tanah | Sifat Kimia Tanah | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | C- Organik % | N- Total % | C/N | Bahan Organik % | P | K |
| L ₁ | 0.19 ^(SR) | 0.02 ^(SR) | 9 ^(S) | 0.32 | 12.23 ^(R) | 0.15 ^(R) |
| L ₂ | 1.49 ^(R) | 0.14 ^(R) | 10 ^(S) | 2.57 | 24.41 ^(S) | 0.43 ^(S) |
| L ₃ | 1.89 ^(R) | 0.14 ^(R) | 13 ^(T) | 3.28 | 19.95 ^(R) | 0.23 ^(R) |
| L ₄ | 1.10 ^(R) | 0.11 ^(R) | 10 ^(S) | 1.9 | 8.45 ^(SR) | 0.11 ^(R) |

Keterangan : T = Tinggi; S = Sedang; R = Rendah; ST = Sangat Tinggi; SR = Sangat Rendah. (Hardjowigeno, 1995).

Berdasarkan hasil analisis sifat kimia tanah, C-Organik yang paling rendah adalah tanah yang berasal dari lokasi 1 (Blitar) yaitu 0,19 %. Sedangkan tiga diantaranya seperti lokasi 2 (Tulungagung), lokasi 3 (Trenggalek), dan lokasi 4 (Pacitan) juga memiliki hasil yang rendah. Menurut Mustofa (2007), kandungan bahan organik harus dipertahankan tidak kurang dari 2%. Rendahnya ketersediaan unsur hara dalam tanah dapat

menyebabkan rendahnya tingkat kesuburan tanah, hal ini akan menjadi faktor pembatas dari hasil tanaman (Tania et al., 2012).

Nitrogen adalah unsur hara utama yang dibutuhkan dalam pertumbuhan tanaman sebanyak 1,5 % menyusun bobot tanaman dan berfungsi dalam pembentukan protein (Hanafiah, 2007). Nitrogen merupakan bagian penting dalam pembentukan klorofil, protoplasma, protein, dan asam-asam nukleat. Unsur ini mempunyai peranan yang penting dalam pertumbuhan dan perkembangan semua jaringan hidup (Brady and Weil, 2002). Nitrogen pada umumnya diserap tanaman dalam bentuk NH_4^+ atau NO_3^- , yang dipengaruhi oleh sifat tanah, jenis tanaman dan tahapan dalam pertumbuhan tanaman. Pada tanah dengan pengatusan yang baik N diserap tanaman dalam bentuk ion nitrat, karena sudah terjadi perubahan bentuk NH_4^+ menjadi NO_3^- , sebaliknya pada tanah tergenang tanaman cenderung menyerap NH_4^+ (Havlin et al., 2005). Berdasarkan hasil analisis sifat kimia tanah, nilai N-Total yang sangat rendah adalah tanah lokasi 1 yaitu 0,02 %. Pertumbuhan tanaman menjadi kurang optimum apabila N yang tersedia kurang. N akan menjadi pembatas dari P dan pada kondisi yang demikian, tanggapan tanaman terhadap pemupukan P sangat tergantung pada tersedianya unsur N di dalam tanah (Havlin et al, 2005). Menurut Wang et al. (2007) dan Homer (2008) bahwa kondisi pertumbuhan tanaman yang baik akibat tercukupinya hara N akan menyebabkan tanaman mampu menyerap P lebih efektif.

Pospor juga merupakan bagian penting dalam pertumbuhan tanaman meskipun diabsorpsi dalam jumlah yang lebih kecil dari nitrogen dan kalium. Hasil analisis sifat kimia menunjukkan bahwa pada lokasi 4 nilai kandungan P sangatlah rendah yaitu 8,45 %. Ketersediaan P di tanah akan mempengaruhi serapan tanaman terhadap N. Nitrogen akan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan akar sehingga tanaman mampu menyerap P lebih efektif dan selain itu N juga merupakan penyusun utama enzim phosphatase yang terlibat dalam proses mineralisasi P di tanah (Wang et al, 2007; Horner, 2008).

Unsur Kalium merupakan unsur hara makro kedua yang paling banyak diserap tanaman setelah N (Nitrogen) (Hanafiah, 2007). Hasil analisis sifat kimia tanah menunjukkan jika lokasi 4 memiliki nilai K yang paling rendah diantara ketiga lokasi yaitu 0,11. Maka dari hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah ini akan di hasilkan hasil yang berbeda-beda pada pertumbuhan tanaman terhadap perlakuan komposisi pupuk hayati.

4.2 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Tinggi Tanaman

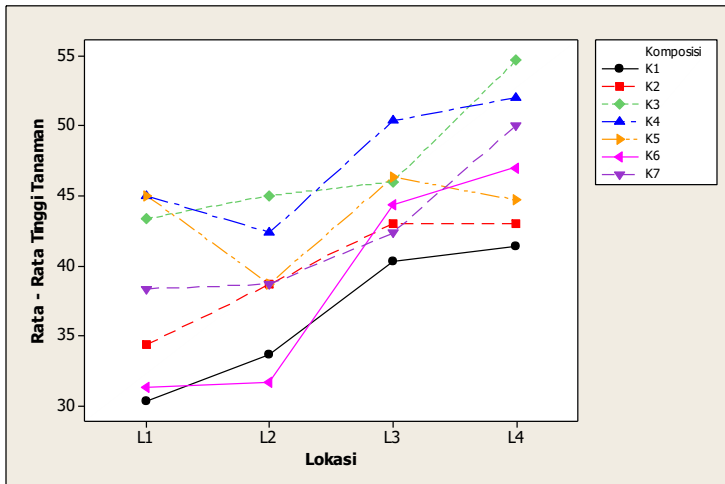
Berdasarkan hasil uji analisis statistik *General Linear Model* (GLM) didapatkan nilai $P > 0,05$ yaitu 0,674 yang menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dengan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakter sifat fisika dan kimia pada tanah yang diambil dari berbagai lokasi berbeda. Suwarno (2011), menyatakan bahwa tekstur tanah yang paling ideal bagi tanah pertanian adalah lempung berdebu yang terdiri dari air tanah 25%, udara tanah 25%, mineral 45% dan bahan organik 5%. Tekstur tanah lempung berdebu memiliki ukuran butir dan ukuran pori-pori yang sedang. Sehingga menyebabkan udara dan air mudah untuk bersirkulasi karena air pada tanah dengan ukuran butir yang sedang tidak mudah hilang dan tidak pula mudah tertahan. Dari hasil yang didapat, tanah pada lokasi 2 (Tulungagung) memiliki hasil yang lebih bagus jika dibandingkan dengan tanah pada lokasi 1 (Blitar). Tulungagung memiliki karkter tanah lempung berdebu dengan kandungan unsur hara yang cukup. Jumlah C/N, P dan K tergolong dalam kategori sedang, dengan bahan organik sebanyak 2,57 %. Ketersediaan P di tanah akan berpengaruh pada serapa tanaman terhadap N. Selain itu N juga merupakan penyusun utama enzim phosphatase yang terlibat dalam proses mineralisasi P di tanah (Wang et al, 2007; Horner, 2008). Randahnya unsur hara pada tanah akan menyebabkan pertumbuhan tanaman kurang maksimal.

Tabel 4.3 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

| Kode Komposisi Pupuk Hayati (K) | Lokasi Pengambilan Tanah (L) | | | | Rata-Rata |
|--|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | L1 | L2 | L3 | L4 | |
| K1 | 30.34 | 33.67 | 40.35 | 41.4 | 36.44 ^c |
| K2 | 34.35 | 38.68 | 43.01 | 43.02 | 39.76 ^{bc} |
| K3 | 43.33 | 45.05 | 46.00 | 54.69 | 47.26 ^a |
| K4 | 45.02 | 42.37 | 50.35 | 52.01 | 47.44 ^a |
| K5 | 45.02 | 38.70 | 46.36 | 44.69 | 43.69 ^{ab} |
| K6 | 31.34 | 31.69 | 44.37 | 47.02 | 38.60 ^{bc} |
| K7 | 38.34 | 38.68 | 42.36 | 50.04 | 42.36 ^{abc} |
| Rata - Rata | 38.25 ^b | 38.40 ^b | 44.69 ^a | 47.55 ^a | |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Tukey* dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05\%$).

Perlakuan komposisi pupuk hayati berpengaruh terhadap tinggi tanaman dengan nilai $P < 0,05$ yaitu 0,00. Pupuk hayati berperan dalam membangkitkan kehidupan tanah secara alami melalui proses mikrobiologi, mekanisme kerja yang dilakukan oleh pupuk hayati lebih dititik beratkan pada peningkatan aktivitas biologi dalam tanah untuk menuju keseimbangan dan kesuburan tanah, sehingga dapat memperbaiki sifat fisik, kimia tanah dan meningkatkan unsur hara yang penting bagi pertumbuhan tanaman (Wardhani, 2014). Selain itu, mikroorganisme yang ada pada pupuk hayati mampu mengikat nitrogen dari udara, melarutkan fosfat yang terikat dalam tanah, dan memecah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga tersedia bagi tanaman (Suwahyono, 2011).



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Interaksi Kombinasi Pupuk dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Tinggi Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).

Keterangan : Komposisi pupuk hayati penambat nitrogen : pupuk hayati pelarut fosfat : mikoriza dan lokasi:

| | | | |
|----------------|---------------------------|----------------|---------------|
| K ₁ | : (0 : 0 : 0) | L ₁ | : Blitar |
| K ₂ | : (5 gr : 5 gr : 5 gr) | L ₂ | : Tulungagung |
| K ₃ | : (10 gr : 10 gr : 10 gr) | L ₃ | : Trenggalek |
| K ₄ | : (15 gr : 15 gr : 15 gr) | L ₄ | : Pacitan |
| K ₅ | : (5 gr : 10 gr : 15 gr) | | |
| K ₆ | : (5 gr : 15 gr : 10 gr) | | |
| K ₇ | : (10 gr : 15 gr : 5 gr) | | |

Ketika proses tersebut diikuti dengan serapan yang lebih intensif karena peran mikoriza arbuskular yang dapat mengeluarkan enzim fosfatase dan asam-asam organik, khususnya oksalat yang dapat membantu membebaskan fosfat, maka masalah ketersediaan fosfat akan teratasi. Mikoriza arbuskular akan memberikan pengaruh langsung melalui jalinan hifa eksternal yang diproduksinya secara intensif sehingga tanaman bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap unsur hara dan air. Mikoriza juga akan

memberikan pengaruh tidak langsung dimana mikoriza dapat memodifikasi fisiologis akar sehingga dapat mengsekresikan asam-asam organik dan fosfatase asam ke dalam tanah (Toro *et al.*, 1996 dalam Pujiyanto, 2011).

Berdasarkan hasil analisis sifat fisika tanah, Pacitan, Trenggalek, dan Tulungagung, memiliki karakteristik lempung berdebu, namun pada Trenggalek juga memiliki karakter liat dengan perbandingan pasir : debu : liat yang tidak seimbang yaitu 8:53:39. Sementara Tulungagung dan Pacitan memiliki perbandingan pasir : debu : liat : yaitu 12 : 67 : 21 dan 4 : 72 : 24. Tanah yang memiliki kemampuan penyimpanan air dan unsur hara yang baik harus memiliki komponen pasir, debu, dan liat yang seimbang (Daniel, 1992). Maka ketika tanah tersebut diberi perlakuan pupuk hayati, tanaman kacang kedelai dengan perlakuan komposisi pupuk ketiga pada lokasi 4 (K_3L_4) memiliki hasil yang paling bagus dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan komposisi pupuk hayati K_2L_4 . Lokasi 4 (Pacitan) memiliki jumlah P yang tergolong sangat rendah yaitu 8,45. Maka dibutuhkan komposisi pupuk hayati yang lebih tinggi untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara pada tanah. Namun kesalahan pemberian dosis pupuk hayati akan menyebabkan kurang optimumnya hasil yang diperoleh sebab jika N yang diberikan kurang maka N akan menjadi pembatas dari P dan pada kondisi yang demikian, tanggapan tanaman terhadap pemupukan P sangat tergantung pada tersedianya unsur N di dalam tanah pula (Havlin et al, 2005). Selain itu bakteri penambat N akan memiliki kemampuan yang berbeda-beda tergantung dari jenis, daya adaptasi, kemampuan hidup pada lingkungan, jumlah asam organik yang dihasilkan, serta sumber fosfat yang digunakan (Santosa, 2007).

Unsur nitrogen (N) tersedia berguna untuk mempercepat pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, khususnya batang (Salisbury dan Ross, 1995). Unsur fosfor (P) tersedia penting untuk pertumbuhan sel sehingga dapat memperkuat batang (Elfiati, 2005; Lastianingsih, 2008). Penggabungan unsur nitrogen

(N) dan fosfor (P) tersedia bagi tanaman yang dihasilkan bakteri pelarut fosfat dan bakteri penambat nitrogen, dapat meningkatkan kandungan klorofil dan kloroplas pada daun dan proses fotosintesis juga meningkat akibatnya pertumbuhan tanaman lebih baik. Meningkatnya fotosintesis maka akan meningkatkan pertumbuhan dan perpanjangan sel, sehingga pertumbuhan tinggi tanaman yang terbentuk semakin tinggi (Gusniwati et al., 2008; Tania et al., 2012). Penambahan bahan organik dapat memacu perkembangan populasi bakteri penambat nitrogen (BPN). Hal ini menyebabkan jumlah nitrogen yang ditambat oleh bakteri bervariasi disebabkan kemampuan bakteri bersaing dengan mikroba lain di lingkungan tanah (Simanungkalit et al., 2006).

Pada lokasi 3 (Trenggalek), tanaman yang diberi perlakuan pupuk hayati K_4L_3 memiliki tinggi tanaman paling tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan pupuk hayati lainnya pada lokasi tersebut. Berdasarkan analisis laboratorium, lokasi 3 (Trenggalek) memiliki bahan organik sejumlah 3,28 % dan memiliki rasio C/N yang tinggi yaitu 13. Bahan organik merupakan sumber energi dan bahan makanan bagi mikroorganisme yang hidup didalam tanah. Mikroorganisme tanah saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik yang dapat menyediakan karbon sebagai sumber energi untuk tumbuh (Doeswono, 1983). Maka apabila kandungan bahan organik atau unsur hara dalam tanah rendah maka sumber energi dan bahan makanan bakteri juga akan rendah.

Poerwowidodo (1993) dalam Rahmi dan Biantary (2014), bahwa C/N ratio yang tinggi menyebabkan tersedianya energi yang melimpah bagi organisme tanah, sehingga dapat berkembang dengan pesat. Senyawa N anorganik yang tersedia dalam tanah dengan cepat diubah menjadi bentuk N organik dalam tubuh organisme tanah, pada tahap ini maka laju dekomposisi bahan organik berada pada titik terendah. Marsono dan Sigit (2001), juga menyatakan bahwa peranan utama N adalah mempercepat pertumbuhan secara keseluruhan terutama batang dan daun. Maka, hal inilah yang menyebabkan tanaman

kacang kedelai dengan perlakuan K_4L_3 memiliki tinggi yang lebih baik dari yang lainnya.

Hasil penelitian tinggi tanaman yang paling rendah ada pada lokasi 1 dan 2 (K_6L_1 dan K_6L_2) dengan perlakuan komposisi pupuk yang sama yaitu 5 gr : 15 gr : 10 gr (pupuk hayati penambat nitrogen : pupuk hayati pelarut fosfat : mikoriza). Lokasi 1 (Blitar) memiliki sifat kimia C-Organik dan N-Total yang tergolong sangat rendah yaitu 0,19 % dan 0,02 %. Begitu pula dengan lokasi 2 yang memiliki C-Organik dan N-Total yang rendah, serta nilai P yang tergolong sedang yaitu 24,41. Maka untuk memenuhi kebutuhan hara pada tanaman dibutuhkan komposisi pupuk hayati yang lebih tinggi. Selain itu lokasi 1 memiliki karakter tanah pasir berdebu, dimana tanah pasir merupakan tanah yang cenderung sulit untuk menahan air. Pada umumnya tanah pasir banyak didominasi mineral primer jenis kwarsa (SiO_2) yang tahan terhadap pelapukan dan sedikit mineral sekunder. Mineral kwarsa mempunyai sifat inert atau sulit bereaksi dengan senyawa lain dan sukar mengalami pelapukan. Kondisi ini menjadikan tanah pasir menjadi tidak subur, rendah kandungan unsur hara dan tidak produktif bagi pertumbuhan tanaman (Hanafiah, 2007). Ketika dilakukan proses penyiraman tanaman unsur hara yang atau pupuk hayati yang sudah ditambahkan akan ikut menghilang terbawa oleh air yang mengalir keluar dari selah-selah polibag. Semakin besar poros tanah maka akan semakin mudah air hilang dari tanah.

4.3 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Jumlah Daun

Proses pembentukan daun tidak terlepas dari peranan unsur hara seperti nitrogen dan fosfat yang terdapat di medium tanah yang tersedia bagi tanaman. Kedua unsur hara ini berperan dalam pembentukan sel-sel baru dan komponen utama penyusun senyawa organik dalam tanaman seperti asam amino, asam nukleat, klorofil, ADP, ATP. Apabila tanaman mengalami defisiensi kedua unsur hara tersebut maka metabolisme akan

terganggu dan pembentukan daun juga akan terhambat (Nyakpa dkk, 1988).

Nitrogen merupakan unsur hara yang paling berpengaruh dalam pertumbuhan dan perkembangan daun. Konsentrasi nitrogen tinggi umumnya menghasilkan daun yang lebih banyak (Lakitan, 2001). Nitrogen yang cukup dalam tanah dapat meningkatkan sintesis protein untuk pembelahan dan pembesaran sel yang menyebabkan bertambahnya jumlah daun dan peningkatan ukuran sel sehingga pertumbuhan tanaman dan jumlah daun meningkat (Susilo, 1991).

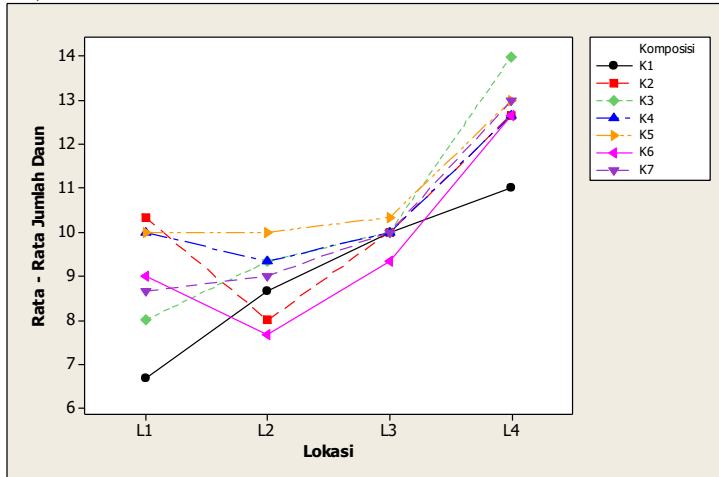
Tabel 4.4 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

| Kode Komposisi Pupuk Hayati (K) | Lokasi Pengambilan Tanah (L) | | | | Rata-Rata |
|--|------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| | L1 | L2 | L3 | L4 | |
| K1 | 6.66 | 8.66 | 10.00 | 11.00 | 9.08 ^b |
| K2 | 10.33 | 8.00 | 10.00 | 12.66 | 10.25 ^{ab} |
| K3 | 8.00 | 9.33 | 10.00 | 14.00 | 10.33 ^{ab} |
| K4 | 10.00 | 9.33 | 10.00 | 12.66 | 10.50 ^{ab} |
| K5 | 10.00 | 10.00 | 10.33 | 13.00 | 10.83 ^a |
| K6 | 9.00 | 7.66 | 9.33 | 12.66 | 9.66 ^{ab} |
| K7 | 8.66 | 9.00 | 10.00 | 13.00 | 10.16 ^{ab} |
| Rata - Rata | 8.85 ^c | 8.95 ^{bc} | 9.95 ^b | 12.71 ^a | |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Tukey* dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05\%$).

Berdasarkan hasil uji analisis statistik *General Linear Model* (GLM) didapatkan nilai $P > 0,05$ yaitu 0,393 yang menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dengan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh terhadap jumlah daun. Perlakuan pemberian pupuk dengan jumlah daun juga tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman karena nilai $P > 0,05$ yaitu 0,053. Tanaman dengan perlakuan komposisi pupuk K₃L₄ memiliki jumlah daun yang cukup tinggi jika dibandingkan

dengan yang lain. Kandungan nitrogen dalam tanah yang rendah, dengan adanya pemupukan dapat meningkatkan kandungan nitrogen dalam tanah tersebut. Peningkatan dosis pupuk nitrogen dapat meningkatkan jumlah daun (Wiroatmodjo dan Soesilowati, 1991).



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Interaksi Kombinasi Pupuk dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Jumlah Daun Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).

Keterangan : Komposisi pupuk hayati penambat nitrogen : pupuk hayati pelarut fosfat : mikoriza dan lokasi:

| | | | |
|----------------|---------------------------|----------------|---------------|
| K ₁ | : (0 : 0 : 0) | L ₁ | : Blitar |
| K ₂ | : (5 gr : 5 gr : 5 gr) | L ₂ | : Tulungagung |
| K ₃ | : (10 gr : 10 gr : 10 gr) | L ₃ | : Trenggalek |
| K ₄ | : (15 gr : 15 gr : 15 gr) | L ₄ | : Pacitan |
| K ₅ | : (5 gr : 10 gr : 15 gr) | | |
| K ₆ | : (5 gr : 15 gr : 10 gr) | | |
| K ₇ | : (10 gr : 15 gr : 5 gr) | | |

Berbeda dengan K₆L₁ yang memiliki hasil lebih rendah dibandingkan dengan komposisi pupuk yang lainnya. Hal ini disebabkan karena tanah dari lokasi 1 (Blitar) merupakan tanah yang diambil pada kawasan perkebunan cabai. Pada hasil analisis

sifat fisik, karakter tanah pada area tersebut adalah pasir berdebu. Tanah pasir termasuk kedalam kelompok tanah bertekstur kasar (Yulipriyanto, 2010). Tanah pasir cenderung sulit untuk menahan air, tetapi mempunyai aerasi dan drainase yang baik. Pada umumnya tanah pasir banyak didominasi mineral primer jenis kwarsa (SiO_2) yang tahan terhadap pelapukan dan sedikit mineral sekunder. Mineral kwarsa mempunyai sifat inert atau sulit bereaksi dengan senyawa lain dan sukar mengalami pelapukan. Kondisi ini menjadikan tanah pasir menjadi tidak subur, rendah kandungan unsur hara dan tidak produktif bagi pertumbuhan tanaman (Hanafiah, 2007).

Hasil dari analisis sifat kimia tanah pada lokasi 1 menunjukkan bahwa lokasi ini memiliki ketersediaan N yang sangat rendah. Menurut Lakitan (2001), unsur hara yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan daun adalah nitrogen. Sutejo (2002), mengatakan bahwa unsur nitrogen salah satunya berperan dalam pembentukan dan pertumbuhan organ-organ vegetatif seperti batang, daun, dan akar. Oleh karena itu ketersediaan unsur hara tanah dan pengaruh pemberian pupuk hayati dengan dosis atau komposisi yang pas akan memberikan hasil yang bagus pada pertumbuhan tanaman kacang kedelai.

Berbeda dengan lokasi 4 yang memiliki hasil paling bagus diantara lokasi yang lainnya. Lokasi 4 memiliki tekstur tanah lempung berdebu. Tanah bertekstur debu dan lempung akan mempunyai ketersediaan yang optimum bagi tanaman, namun dari segi nutrisi tanah lempung lebih baik daripada tanah bertekstur debu (Hanafiah, 2007). Meskipun C-Organik, N-total, dan K tergolong dalam kategori rendah, serta P yang tergolong sangat rendah, ketika dosis pupuk hayati yang di berikan sesuai dengan kebutuhannya maka unsur hara yang dibutuhkan tanaman akan tercukupi. Tekstur tanah yang mudah di tembus oleh akar membuat akar mudah untuk memperluas area penyerapan.

4.4 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Luas Daun

Jumin (2002), menyatakan bahwa nitrogen juga berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif terutama luas daun. Meningkatnya luas daun berarti kemampuan daun untuk menerima dan menyerap cahaya matahari akan lebih tinggi sehingga fotosintat dan akumulasi bahan kering akan lebih tinggi pula. Menurut Fisher dan Goldsworthy (1985), penambahan luas daun merupakan efisiensi tiap satuan luas daun melakukan fotosintesis untuk menambah bobot kering tanaman.

Tabel 4.5 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Luas Daun Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

| Kode Komposisi Pupuk Hayati (K) | Lokasi Pengambilan Tanah (L) | | | | Rata-Rata |
|--|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | L1 | L2 | L3 | L4 | |
| K1 | 2.38 | 2.72 | 3.51 | 4.07 | 3.17 ^b |
| K2 | 3.95 | 3.17 | 3.68 | 4.29 | 3.77 ^a |
| K3 | 3.29 | 3.67 | 3.39 | 4.46 | 3.70 ^{ab} |
| K4 | 3.56 | 3.29 | 3.67 | 4.46 | 3.74 ^{ab} |
| K5 | 4.01 | 3.79 | 3.79 | 4.13 | 3.93 ^a |
| K6 | 3.28 | 3.00 | 3.90 | 4.13 | 3.58 ^{ab} |
| K7 | 2.54 | 3.29 | 3.79 | 4.18 | 3.45 ^{ab} |
| Rata - Rata | 3.29 ^c | 3.27 ^c | 3.67 ^b | 4.24 ^a | |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Tukey* dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05\%$).

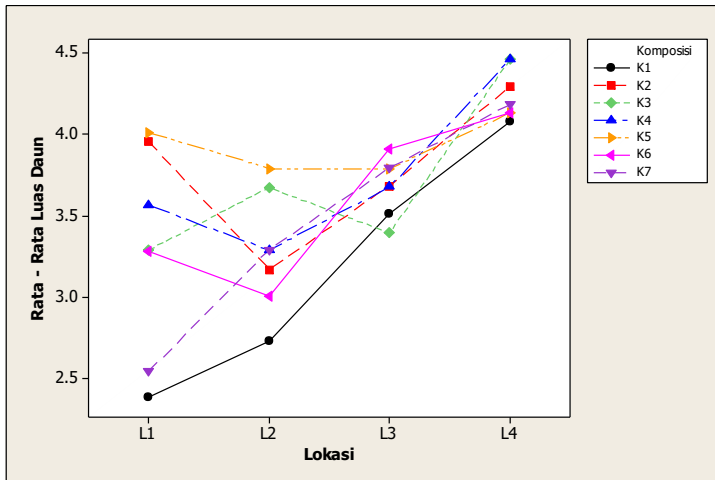
Berdasarkan hasil uji analisis statistik *General Linear Model* (GLM) didapatkan nilai $P > 0,05$ yaitu 0,093 yang menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dengan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh terhadap luas daun.

Perlakuan komposisi pupuk hayati memberikan pengaruh yang terhadap luas daun pada tanaman yang ditanam di media tanam berbeda-beda dengan didapatkan nilai $P < 0,05$ yaitu 0,006.

Luas daun yang paling tinggi terdapat pada lokasi 4. Lokasi 4 memiliki karakter tekstur tanah lempung berdebu dimana menurut Hanafiah (2007), tanah bertekstur debu dan lempung akan mempunyai ketersediaan yang optimum bagi tanaman, namun dari segi nutrisi tanah lempung lebih baik daripada tanah bertekstur debu. Namun apabila dilihat dari unsur hara yang dimiliki lokasi 4 memiliki nilai P yang sangat rendah yaitu 8,45. Untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara yang kurang, maka perlu di tambahkan dosis pupuk hayati yang pas. Tanggapan tanaman terhadap pemupukan P sangat tergantung pada tersedianya unsur N di dalam tanah (Havlin et al, 2005). Menurut Wang et al. (2007) dan Homer (2008) bahwa kondisi pertumbuhan tanaman yang baik akibat tercukupinya hara N akan menyebabkan tanaman mampu menyerap P lebih efektif.

Ketika pemberian pupuk nitrogen cukup tinggi, maka jumlah daun tanaman akan semakin banyak dan tumbuh melebar sehingga menghasilkan luas daun yang besar dan memperluas permukaan yang tersedia untuk fotosintesis (Tresnawati, 1993). Unsur N merupakan penyusun pokok dari semua protein dan nukleat, dengan demikian jika unsur N tersedia lebih banyak dari unsur yang lainnya maka dapat dihasilkan protein lebih banyak dan daun akan tumbuh lebih besar (Sarief,1986). Menurut Novizan (2002), adanya unsur P juga berperan dalam meningkatkan luas daun tanaman. Poerwowidodo (1993) *dalam* Husna (2000), menyatakan bahwa P dibutuhkan tanaman untuk reaksi biokimia penting seperti fotosintesis.

Husin (1994), menyatakan bahwa penyerapan N dapat ditingkatkan dengan adanya hifa eksternal pada mikoriza, dimana unsur N merupakan salah satu unsur yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Penyerapan air oleh akar tanaman dapat ditingkatkan dengan adanya simbiosis mikoriza arbuskular dengan akar tanaman, sehingga dengan tersedianya air bagi tanaman maka pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Interaksi Kombinasi Pupuk dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Luas Daun Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).

Keterangan : Komposisi pupuk hayati penambat nitrogen : pupuk hayati pelarut fosfat : mikoriza dan lokasi:

| | | | |
|----------------|---------------------------|----------------|---------------|
| K ₁ | : (0 : 0 : 0) | L ₁ | : Blitar |
| K ₂ | : (5 gr : 5 gr : 5 gr) | L ₂ | : Tulungagung |
| K ₃ | : (10 gr : 10 gr : 10 gr) | L ₃ | : Trenggalek |
| K ₄ | : (15 gr : 15 gr : 15 gr) | L ₄ | : Pacitan |
| K ₅ | : (5 gr : 10 gr : 15 gr) | | |
| K ₆ | : (5 gr : 15 gr : 10 gr) | | |
| K ₇ | : (10 gr : 15 gr : 5 gr) | | |

Lingga (2002), menyatakan bahwa untuk perbesaran sel baru dibutuhkan air. Tahapan penting yang terjadi selama fase vegetatif tanaman adalah pembelahan sel, pemanjangan sel dan tahap pertama dari diferensiasi sel. Pemanjangan sel dibutuhkan air dalam jumlah banyak dengan demikian bila sel-sel mulai membesar pada daerah pembesaran sel yang berada tepat di bawah titik tumbuh, vakuola akan terbentuk. Vakuola secara perlahan akan menyerap air dalam jumlah yang agak banyak. Akibat absorpsi dan adanya perentangan sel maka sel-sel akan

mengalami pemanjangan yang menyebabkan terjadinya pemanjangan dan pelebaran daun tanaman. Meningkatnya luas daun dipengaruhi pula oleh hormon sitokinin yang dapat menyebabkan sel menjadi lebih besar. Pleger dan Liderman *dalam* Rahayu (2000) menegaskan, dengan adanya asosiasi mikoriza dapat menghasilkan senyawa kimia seperti fitohormon yaitu auksin, sitokinin dan giberelin. Lakitan (2001), menyatakan bahwa pertumbuhan yang dipacu oleh sitokinin mencakup pembesaran sel yang lebih cepat dan pembentukan sel-sel yang lebih besar, sehingga berpengaruh terhadap luas daun.

4.5 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Panjang Akar

Manfeld-Giese *et al.* (2002), berpendapat jika akar tanaman yang terinfeksi mikoriza akan terjadi peningkatan asam fosfatase, yang akan mengkatalisis hidrolisis kompleks fosfor tidak larut dalam tanah. Menurut Suciati (2009), infeksi jamur pada akar tanaman dapat membantu pengambilan fosfor dengan cara memperluas permukaan serapan dari akar. Mikoriza dapat berperan dalam memperbesar areal serapan bulu-bulu akar melalui pembentukan miselium di sekeliling akar. Akibat perluasan areal serapan tersebut menyebabkan lebih banyak unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman inang dibandingkan tanaman lain yang tidak bersimbiosis dengan mikoriza (Oktaviani, 2009).

Berdasarkan hasil uji analisis statistik *General Linear Model* (GLM) didapatkan nilai $P < 0,05$ yaitu 0,025 yang menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dengan lokasi pengambilan tanah berpengaruh terhadap panjang akar. Lokasi pengambilan tanah berpengaruh terhadap panjang akar dengan nilai $P < 0,05$ yaitu 0,003. Sementara itu, perlakuan komposisi pupuk hayati juga berpengaruh terhadap panjang akar dengan nilai $P < 0,05$ yaitu 0,029.

Tabel 4.6 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Panjang Akar Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

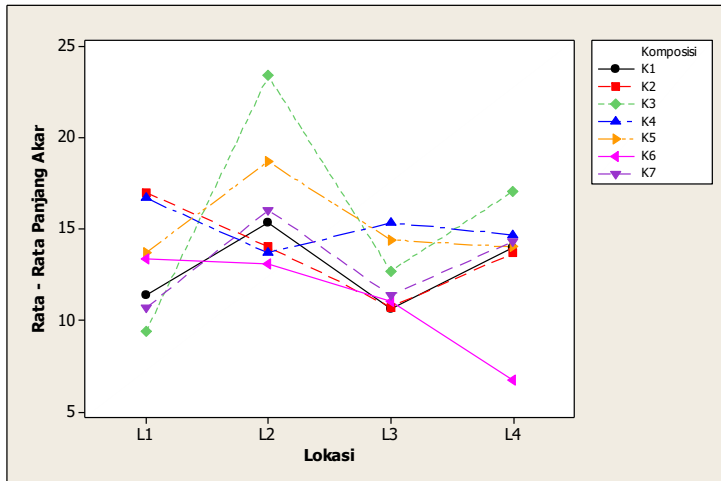
| Kode Komposisi Pupuk Hayati (K) | Lokasi Pengambilan Tanah (L) | | | | Rata-Rata |
|--|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | L1 | L2 | L3 | L4 | |
| K1 | 11.37 ^{bc} | 15.36 ^{abc} | 10.62 ^{bc} | 14.00 ^{abc} | 12.84 ^{ab} |
| K2 | 17.00 ^{abc} | 14.02 ^{abc} | 10.70 ^{bc} | 13.67 ^{abc} | 13.85 ^{ab} |
| K3 | 9.35 ^{bc} | 23.39 ^a | 12.69 ^{abc} | 17.06 ^{abc} | 15.62 ^a |
| K4 | 16.69 ^{abc} | 13.68 ^{abc} | 15.34 ^{abc} | 14.68 ^{abc} | 15.10 ^{ab} |
| K5 | 13.70 ^{abc} | 18.69 ^{ab} | 14.40 ^{abc} | 14.01 ^{abc} | 15.20 ^{ab} |
| K6 | 13.36 ^{abc} | 13.07 ^{abc} | 11.03 ^{bc} | 6.71 ^c | 11.04 ^b |
| K7 | 10.67 ^{bc} | 16.03 ^{abc} | 11.37 ^{bc} | 14.33 ^{abc} | 13.10 ^{ab} |
| Rata - Rata | 13.16 ^b | 16.32 ^a | 12.31 ^b | 13.49 ^{ab} | |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Tukey* dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05\%$).

Struktur tanah akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pada lokasi 2 dan lokasi 4 jenis tanah yang dimiliki adalah lempung berdebu. Kedua jenis tanah tersebut mengalami pemadatan tanah akibat daya tekan pada tanah sehingga ruang pori pada tanah menjadi sempit (Pamungkas, 2004). Sehingga wajar apabila panjang akar K₆L₄ sangat rendah seperti yang terlihat pada gambar 4.4 grafik GLM. Salah satu faktor penghambat pertumbuhan akar tanaman adalah kepadatan tanah dan menurut Haridjaja *dkk* (2010), apabila sifat fisik tanah kurang baik maka perkembangan akar akan terganggu karena sulitnya akar menembus tanah atau berkembang dalam tanah sehingga akar akan kesulitan dalam mengambil unsur-unsur hara yang berada di sekitar tanaman meskipun jenis tanah memiliki sifat kimia yang baik.

Penambahan N melalui pemupukan akan merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan berat akar tanaman. Perakaran yang tumbuh pada tanah cukup N berukuran besar dan nisbi pendek, sedangkan perakaran pada tanah kurang N lebih

panjang, kecil dan melimpah (Marscher, 1986). Pemupukan N pada saat pertumbuhan awal akan meningkatkan kepekatan fosfor dalam tanaman, oleh karena itu pemupukan N mampu merangsang pertumbuhan akar sehingga meningkatkan kapasitas serapan dan kecepatan penyerapan hara P.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Interaksi Kombinasi Pupuk dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Panjang Akar Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).

Keterangan : Komposisi pupuk hayati penambat nitrogen : pupuk hayati pelarut fosfat : mikoriza dan lokasi:

| | | | |
|----------------|---------------------------|----------------|---------------|
| K ₁ | : (0 : 0 : 0) | L ₁ | : Blitar |
| K ₂ | : (5 gr : 5 gr : 5 gr) | L ₂ | : Tulungagung |
| K ₃ | : (10 gr : 10 gr : 10 gr) | L ₃ | : Trenggalek |
| K ₄ | : (15 gr : 15 gr : 15 gr) | L ₄ | : Pacitan |
| K ₅ | : (5 gr : 10 gr : 15 gr) | | |
| K ₆ | : (5 gr : 15 gr : 10 gr) | | |
| K ₇ | : (10 gr : 15 gr : 5 gr) | | |

Berbeda dengan K₃L₂ dengan komposisi pupuk 10 gr : 10 gr : 10 gr (pupuk hayati penambat nitrogen : pupuk hayati pelarut fosfat : mikoriza) yang memiliki panjang akar paling tinggi.

Kondisi tanah yang baik juga mempengaruhi perkembangan akar tanaman. Dengan bantuan mikoriza maka akan semakin memperluas daerah perakarannya. Menurut Gerdeman (1983) dalam Atmaja (2001), mikoriza merupakan fungi yang bersimbiosis secara mutualisme dengan akar tanaman sehingga membentuk morfologi tunggal. Simbiosi mutualisme ini diperoleh tanaman karena terbentuknya hifa fungi yang akan memperluas jangkauan akar untuk mendapatkan unsur hara, sedangkan fungi akan memperoleh senyawa karbohidrat dari tanaman.

4.6 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Berat Kering

Fotosintesis menghasilkan asimilat yang kemudian terakumulasi menjadi berat kering tanaman. Berat kering merupakan bagian dari efisiensi penyerapan dan pemanfaatan radiasi matahari yang tersedia selama musim penanaman. Berat kering yang meningkat menunjukkan peningkatan efisiensi penyerapan dan pemanfaatan radiasi matahari oleh tajuk, sehingga asimilat yang dihasilkan akan meningkat (Gardner *et al* 1991).

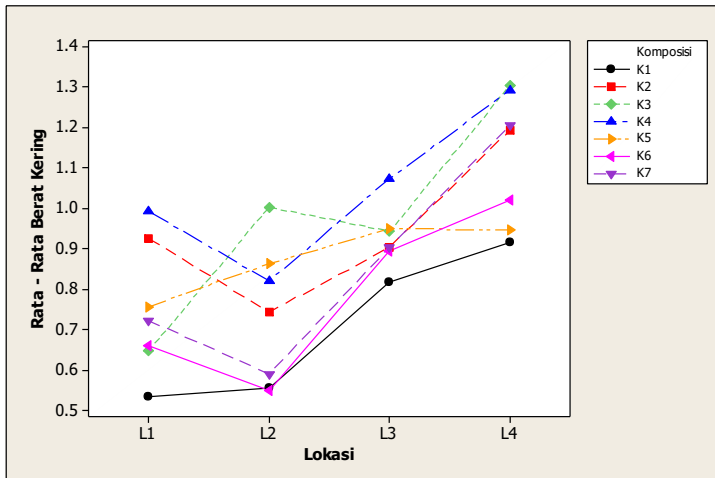
Hasil uji analisis statistik *General Linear Model* (GLM) didapatkan nilai $P > 0,05$ yaitu 0,240 yang menunjukkan bahwa interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dengan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh terhadap berat kering tanaman kacang kedelai. Lokasi pengambilan tanah berpengaruh terhadap berat kering tanaman dengan nilai $P < 0,05$ yaitu 0,00. Begitupula dengan perlakuan komposisi pupuk hayati berpengaruh terhadap berat kering tanaman karena didapatkan nilai $P < 0,05$ yaitu 0,00.

Tabel 4.7 Pengaruh Komposisi Pupuk Hayati dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Rata-rata Berat Kering Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

| Kode Komposisi Pupuk Hayati (K) | Lokasi Pengambilan Tanah (L) | | | | Rata-Rata |
|--|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| | L1 | L2 | L3 | L4 | |
| K1 | 0.53 | 0.55 | 0.81 | 0.91 | 0.70 ^c |
| K2 | 0.92 | 0.74 | 0.90 | 1.19 | 0.94 ^{ab} |
| K3 | 0.64 | 1.00 | 0.94 | 1.30 | 0.97 ^{ab} |
| K4 | 0.99 | 0.82 | 1.07 | 1.29 | 1.04 ^a |
| K5 | 0.75 | 0.86 | 0.95 | 0.94 | 0.87 ^{abc} |
| K6 | 0.66 | 0.55 | 0.89 | 1.02 | 0.78 ^{bc} |
| K7 | 0.72 | 0.59 | 0.90 | 1.20 | 0.85 ^{abc} |
| Rata - Rata | 0.74 ^c | 0.73 ^c | 0.92 ^b | 1.12 ^a | |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji *Tukey* dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05\%$).

Berat kering terendah adalah tanaman dengan perlakuan K₆L₂, yaitu dengan komposisi pupuk 5 gr : 15 gr : 10 gr (pupuk hayati penambat nitrogen : pupuk hayati pelarut fosfat : mikoriza). Sementara berat kering paling tinggi yaitu K₃L₄ dengan komposisi pupuk 10 gr : 10 gr : 10 gr. Fisher dan Goldsworthy (1985), menyatakan bahwa penambahan luas daun merupakan efisiensi tiap satuan luas daun yang melakukan fotosintesis untuk menambah bobot kering tanaman. Selanjutnya dikemukakan bahwa paling sedikit 90% bahan kering adalah hasil fotosintesis. Selain itu pemberian mikoriza berpengaruh terhadap berat kering tanaman karena tanaman yang terinfeksi mikoriza akan membuat volume dan panjang akar semakin luas, sehingga seiring dengan bertambahnya perlakuan dosis mikoriza maka berat kering akar akan ikut bertambah.



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Interaksi Kombinasi Pupuk dan Lokasi Pengambilan Tanah terhadap Berat Kering Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).

Keterangan : Komposisi pupuk hayati penambat nitrogen : pupuk hayati pelarut fosfat : mikoriza dan lokasi:

| | | | |
|----------------|---------------------------|----------------|---------------|
| K ₁ | : (0 : 0 : 0) | L ₁ | : Blitar |
| K ₂ | : (5 gr : 5 gr : 5 gr) | L ₂ | : Tulungagung |
| K ₃ | : (10 gr : 10 gr : 10 gr) | L ₃ | : Trenggalek |
| K ₄ | : (15 gr : 15 gr : 15 gr) | L ₄ | : Pacitan |
| K ₅ | : (5 gr : 10 gr : 15 gr) | | |
| K ₆ | : (5 gr : 15 gr : 10 gr) | | |
| K ₇ | : (10 gr : 15 gr : 5 gr) | | |

Berat kering pada lokasi 1 (Blitar) dan 2 (Tulungagung) tergolong rendah dibandingkan dengan berat kering pada lokasi lainnya. Berat kering tanaman tergantung dari penyekapan penyinaran matahari, air dan pengabalan CO₂. Sejalan dengan meningkatnya proses fotosintesis yang akan menghasilkan hasil fotosintat yang akan digunakan untuk metabolisme dalam tanaman sehingga menghasilkan biomassa yang tinggi (Goldsworthy dan Fisher, 1992). Selain itu fosfor dan nitrogen secara bersamaan akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman

pada pembentukan sel-sel baru di jaringan meristematik tanaman, sehingga dapat membantu proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Tania et al., 2012). Fosfor dan nitrogen diketahui dapat meningkatkan produktivitas lahan (Nurdin et al., 2009). Adanya unsur nitrogen dan fosfor juga mendukung proses fotosintesis sehingga fotosintat yang dihasilkan semakin banyak, kemudian fotosintat tersebut akan ditranslokasikan ke bagian vegetatif tanaman untuk digunakan membentuk batang dan daun sehingga dapat meningkatkan bobot kering tanaman secara keseluruhan (Gusniwati et al., 2008).

Seperti yang sebelumnya dibahas bahwa bahwasannya pada lokasi dengan tekstur tanah yang berupa pasir dan minimnya unsur hara yang dikandung pada masing-masing lokasi menyebabkan pertumbuhan batang, jumlah dan luas daun serta panjang akar menjadi kurang optimum meskipun telah ditambahkan pupuk hayati. Karakter tekstur tanah menjadi penentu utama dalam menentukan pertumbuhan tanaman karena pertumbuhan tanaman tidak hanya bergantung pada persediaan unsur hara namun juga terhadap sifat fisik tanah yang berpengaruh langsung dalam perekatan akar tanaman, air, dan udara dalam tanah yang mempengaruhi aspek-aspek biologi dan kimia tanah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan berat kering tanaman kacang kedelai. Namun interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah berpengaruh terhadap panjang akar.
2. Interaksi perlakuan komposisi pupuk hayati berpengaruh terhadap tinggi tanaman, luas daun, panjang akar, dan berat kering. Namun tidak berpengaruh terhadap jumlah daun.

5.2 Saran

Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh komposisi pupuk hayati dan lokasi pengambilan tanah terhadap fase generatif tanaman untuk mendukung penelitian sebelumnya.

“Halaman ini sengaja diosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. **Budidaya Tanaman Kedelai**. <http://pustaka.unpad.ac.id/wpcontent/uploads/2009/03/budidaya_tanaman_kedelai.pdf> [08 Februari 2015].
- Adisarwanto, T. 2008. **Budidaya Kedelai Tropika**. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Atmaja, I.W.D. 2001. **Bioteknologi Tanah**. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Udayanan. Denpasar.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2012. Daerah Tingkat 1 Jawa Timur. **Wilayah JATIM Bagian Selatan**. <[http://www.bappenas.go.id/index.php/download_file/view/8574/1719/wilayah Jawa Timur bagian Selatan](http://www.bappenas.go.id/index.php/download_file/view/8574/1719/wilayah_Jawa_Timur_bagian_Selatan)> [02 Februari 2015].
- Barea. JM, Pozo MJ, Azcón R, Aguilar CA. 2005. **Micobial Cooperation In Rizosfer**. J Exp Bot 56:1716-1778.
- Bashan, Y. 1998. Inoculants of Plant Growth-Promoting Bacteria for Use in Agriculture. **Biotechnology Advances** 16: 729-770.
- Bertham, Rr. Y. H. 2002. Potensi Pupuk Hayati dalam Peningkatan Produktivitas Kacang Tanah dan Kedelai pada Tanah. Seri kandanglimun Bengkulu. **Jurnal Ilmu – Ilmu Pertanian Indonesia** 4: 18-26.
- Brady NC and RR Weil. 2002. **The Nature and Properties of Soils. 13th Edition**. Upper Saddle River, New Jersey. USA.

- Brundrett, M. 2009. Mycorrhizas in Natural Ecosystems. **Advances in Ecological Research** 21: 171-313. In: Begon, M., Fitter, A. H., dan Macfadyen, A. (Eds).
- Cahyono, B. 2007. **Kedelai Teknik Budidaya dan Analisis Usaha Tani**. CV Aneka Ilmu. Semarang.
- Cheng, Q. 2008. Perspectives in Biological Nitrogen Fixation Research. **Journal of Integrative Plant Biology** 50: 784-796.
- Danapriatna N., “Biokimia Penambatan Nitrogen Oleh Bakteri Non Simbiotik.” **Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah** Vol. 1(2010) 1-10.
- Daniel, T. W., J.A Helms dan F. S. Baker. 1992. Prinsip-Prinsip Silvikultur. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Datta, J.K. and Sikdar, M.S., Banerjee, A., dan Mondal, N.K.. 2012. Screening of Mustard Varieties under Combined Dose of Fertilizers and Subsequent Soil Health and Biodiversity in Old Alluvial Soil of Burdwan, West Bengal, India. **Academic Journal of Plant Sciences** 5(3): 76-83.
- Doeswono. 1983. **Pengaruh Bahan Organik terhadap Produksi Tanaman**. Jakarta: Akademika Prosono.
- Duaja, M.D., dan Jasminarni. 2008. Isolasi dan Karakterisasi Cendawan Mikoriza Arbuskular di Rhizosfer Beberapa Jenis Tanaman di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Jambi. **Jurnal Agronomi** (2), 34-38.
- Elfiati, D. 2005. **Peranan mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman**. e-USU Repository. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara

- Finlay, R. D. 2004. Mycorrhizal Fungi and Their Multifunctional Roles. **Mycologist** 18: 91-96.
- Firmanto, B.H. 2011. **Praktis Bercocok Tanam Kedelai Secara Intensif**. Bandung : Angkasa.
- Fisher, N.M., dan Goldsworthy. 1985. **Fisiologi Budidaya Tanaman Tropik (Terjemahan)**. Gajah mada University Press. Yogyakarta.
- Franche, C., Lindstrom, K., dan Elmerich, C. 2009. Nitrogen-Fixing Bacteria Associated with Leguminous and Non-Leguminous Plants. **Plant Soil** 321: 35-59.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.M. Mitchell. 1991. **Fisiologi Tanaman Budidaya**. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Gendy, A. S. H., Said-Al Ahl, H. A. H., Mahmoud, A. A., dan Mohamed, H. F. Y. 2013. Effect of Nitrogen Sources, Bio-Fertilizers and Their Interaction on The Growth, Seed Yield and Chemical Composition of Guar Plants. **Life Science Journal** 10: 389-402.
- Gupta, V. V. S. R., dan Roget, D. K. 2004. Understanding Soil Biota and Biological Functions: Management of Soil Biota for Improved Benefits to Crop Production and Environmental Health. **Proceeding of A Workshop on Current Research into Soil Biology in Agriculture**. Tamworth Sustainable Farming Training Centre, 11-12 Agustus. Diedit oleh Lines-Kelly, R. St. Orange: NSW Department of Primary Industries.
- Gusniwati, N. M. E. Fatia dan R. Arief. 2008. Pertumbuhan dan hasil tanaman jagung dengan pemberian kompos alang-alang. **Jurnal Agronomi** 12 (2): 23-27.

- Hakim. 1988. **Kesuburan Tanah**. Universitas Lampung Press.
- Hanafiah K A. 2007. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada.
- Hardjowigeno, S. 2007. **Ilmu Tanah**. Akademika Pressindo. Jakarta. Cetakan ke 6.
- Haridjaja,O,Y.Hidayat,L.S.Maryamah.2010.Pengaruh Bobot Isi Tanah Terhadap Sifat Fisik Tanah dan Perkecambahan Benih Kacang Tanah dan Kedelai. **Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia**. him. 147-152 ISSN 0853-4217 Vol. 15 No.3
- Haryanti, B.A., M. Santoso. 2001. Pertumbuhan dan Hasil Cabai Merah pada Andisol yang Diberi Mokoriza, Pupuk Fosfor dan Zat PengaturTumbuh. **Biosain** 1(3): 50-57.
- Hastuti, R. D. 2007. **Bakteri Penambat Nitrogen Hidup Bebas. Metode Analisis Biologi Tanah**. In: Saraswati, R., Husen, E., dan Simanungkalit, R. D. M. (Eds). Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Hastuti, R. D., dan Ginting, R. C. B. 2007. **Enumerasi Bakteri, Cendawan, dan Aktinomisetes. Metode Analisis Biologi Tanah**. In: Saraswati, R., Husen, E., dan Simanungkalit, R. D. M. (Eds). Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Havlin JL, JD Beaton, SL Tisdale and WL Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers. An introduction to nutrient management. Seventh Edition**. Pearson Education Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
- Husen, E., Saraswati, R., dan Simanungkalit, R. D. M. 2007. **Pendahuluan: Definisi Tanah. Metode Analisis Biologi**

- Tanah.** In: Saraswati, R., Husen, E., dan Simanungkalit, R. D. M. (Eds). Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Husin, E. F. 1994. **Mikoriza**. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas, Padang.
- Homer ER. 2008. The effect of nitrogen application timing on plant available phosphorus. **Thesis**. Graduate School of The Ohio State University. USA.
- Islami, T. dan W.H. Utomo. 1995. **Hubungan Tanah, Air, dan Tanaman**. IKIP Semarang Press, Semarang.
- Jumin, Hasan B. 2002. **Argoeklogi**. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Kanno, T., Saito, M., Ando, Y., Macedo, M. C. M., Nakamura, T., dan Miranda, C. H. B. 2006. Importance of Indigenous Arbuscular Mycorrhiza for Growth and Phosphorus Uptake in Tropical Forage Grasses Growing on an Acid Soil, Infertile Soil from The Brazilian Savannas. **Tropical Grasslands** 40: 94-101.
- Khairani, L. 2008. Respon Pertumbuhan dan Produksi Kacang Hijau pada Beberapa Komposisi LumpurKering Limbah Domestik sebagai Media Tanam. **Skripsi**. Medan: Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Lakitan, B. 2001. **Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan**. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lastianingsih, Tatik. 2008. Uji efektivitas fosfat alam terhadap pertumbuhan, produksi dan serapan p tanaman jagung

- (*Zea mays* L.) pada oxic dystrodept darмага. **Skripsi**. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Lembar Informasi Pertanian. 2001. **Tata Cara Pengambilan Sampel Tanah untuk Uji Tanah**. Departemen Pertanian: BPTP Yogyakarta.
- Lingga, P. dan Marsono. 2002. **Petunjuk Penggunaan Pupuk**. Penebar Swadaya, Jakarta.
- LITPAN. 2001. **Tata Cara Pengambilan Contoh Tanah untuk Uji Tanah**. BPTP Yogyakarta. Yogyakarta.
- Marsono dan Sigit, P. 2001. **Pupuk Akar Jenis Aplikasi**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Mezuan dan Handayani, I.P., Inorih, Entang. 2002. Penerapan Formulasi Pupuk Hayati untuk Budidaya Padi Gogo: Studi Rumah Kaca. **Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia** 4:1.
- Moelyohadi, Y., Harun, M. U., Munandar, Hayati, R., dan Gofar, N. 2012. Pemanfaatan Berbagai Jenis Pupuk Hayati pada Budidaya Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Efisien Hara di Lahan Kering Marginal. **Jurnal Lahan Suboptimal** 1: 31-39.
- Muraleedharan, H., Seshadri, S., dan Perumal, K. 2010. **Biofertilizer (Phosphobacteria)**. Chennai: Shri AMM Murugappa Chettiar Research Centre Taramani.
- Mustofa A. 2007. Perubahan Sifat Fisik, Kimia dan Biologi Tanah Pada Hutan Alam yang Diubah Menjadi Lahan Pertanian di Kawasan Taman Nasional Gunung Leuser. **[Skripsi]**. Bobor: Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.

- Novizan. 2002. **Petunjuk Pemupukan yang Efektif**. AgroMedia Pustaka, Jakarta. p.114.
- Nurdin, Purnamaningsuh Maspeke, Zulzain Ilahude, dan Fauzan Zakaria. 2009. Pertumbuhan dan hasil jagung yang dipupuk N, P, dan K pada tanah vertisol Isimu Utara Kabupaten Gorontalo. **Jurnal Tanah Trop**. 14 (1): 49-56.
- Nurhayati. 2012. Pengaruh Berbagai Jenis Tanaman Inang dan Beberapa Jenis Sumber Inokulum terhadap Infektivitas dan Efektivitas Mikoriza. **Jurnal Agrista** 16: 80-86.
- Nurhidayati, T., dan Hidayati, T. 2008. Potensi Rhizobium dan Mikoriza Arbuskula dalam Efisiensi Penyerapan Nutrien sebagai Upaya Peningkatan Produktivitas Kacang Hijau (*Vigna radiata*) Pada Lahan Pesisir. **Penelitian Dosen Muda (LITMUD)**. Jakarta: Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi.
- Nurshanti, D. F. 2009. Pertumbuhan dan Produksi tanaman Sawi (*Brassicca Juncea* L) dengan Tiga Varietas Berbeda. **Agronobis** 2 (4).
- Pamungkas, M.Y. 2004. Pengaruh tingkat kepadatan tanah terhadap pertumbuhan tanaman dan karakteristik umbi lobak. **Skripsi**. Departemen Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Pemerintah Kabupaten Blitar, 2011. Gambaran Umum Kabupaten Blitar. **Buku Putih Sanitasi**. <
https://www.academia.edu/8898614/BAB_II_Gambaran_Umum_BPS_Kab_Blitar> [02 Februari 2015].

- Pemerintah Kabupaten Trenggalek. 2012. **Buku Putih Sanitasi**. <http://ppsp.nawasis.info/dokumen/perencanaan/sanitasi/pokja/bp/kab.trenggalek/BPS%20KABUPATEN%20TRENGGALEK_FULL%20VERSION.pdf> [02 Februari 2015].
- Pemerintah Kabupaten Tulungagung. 2012. Gambran Umum Kabupaten Tulungagung. **Buku Putih Sanitasi**. <<http://ppsp.nawasis.info>> [02 Februari 2015].
- Pemerintah Kabupaten Pacitan. 2015. **Buku Putih Sanitasi**. <<http://ppsp.nawasis.info/dokumen/perencanaan/sanitasi/pokja/bp/kab.pacitan>> [02 Februari 2015].
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur, 2010. **Buku Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur**. Surabaya: Badan Lingkungan Hidup.
- Poerwowidodo. 1993. **Telaah Kesuburan Tanah**. Angkasa Bandung. Hal. 37-55, Bandung.
- Ponmurugan, P and C. Gopi. 2006. In Vitro Production of Growth Regulators and Phosphatase Activity by Phosphate Solubilizing Bacteria. **African Journal of Biotechnology** 5 (4): 348.
- Prihastuti. 2007. Isolasi dan Karakterisasi Mikoriza Vesicular-Arbuskular di Lahan Kering Masam, Lampung Tengah. **Berk. Penelitian Hayati** 12: 99-106.
- Prihastuti, dkk. 2010 **Keanekaragaman Jenis Mikoriza Vesikular Arbuskular dan Potensinya dalam Pengelolaan Kesuburan Lahan Ultisol**. Balai Penelitian Tanaman Kacang – Kacangan dan Umbi – Umbian. Malang.

- Pujianto. 2011. Pemanfaatan Jasad Mikro, Jamur Mikoriza dan Bakteri Dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan Di Indonesia: Tinjauan Dari Perspektif Falsafah Sains. Program **Pasca Sarjana**. IPB. Bogor.
- Purwani, J. 2012. **Pengaruh Mikroba Konsorsia Azotobacter sp. dan Pseudomonas sp. terhadap Hasil Caism pada Tanah Masam Ultisol Jasinga**. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Puspitasari, D., K. I. Purwani dan A. Muhibuddin. 2012. **Eksplorasi Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM) Indigenous pada Lahan Jagung di Desa Torjun, Sampang Madura**. Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Salikin, K.A. 2003. **Sistem Pertanian Berkelanjutan**. Yogyakarta: Kanisius.
- Salisbury, F.B dan C. W. Ross. 1995. **Fisiologi Tumbuhan. Jilid 1**. Diterjemahkan oleh Diah R. Lukman dan Sumarjono. Bandung: ITB Press.
- Santosa. E. 2007. **Metode Analisis Biologi Tanah**. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sasli, I., dan Ruliansyah, A. 2012. Pemanfaatan Mikoriza Arbuskula Spesifik Lokasi untuk Efisiensi Pemupukan pada Tanaman Jagung di Lahan Gambut Tropis. **Agrovigor 5**: 65-74.
- Sastrahidayat, dan Ika Rochdjatun. 2011. **Rekayasa Pupuk Hayati Mikoriza Dalam Meningkatkan Produksi Pertanian**. Universitas Brawijaya Press, Malang.

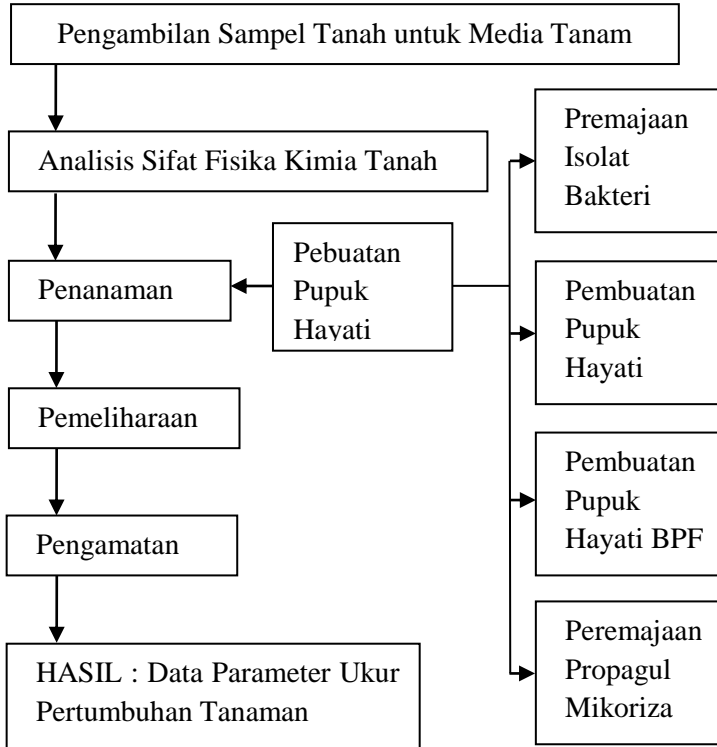
- Setiawati, M. R., Arief, D. H., Suryatmana, P., dan Hudaya, R. 2008. Aplikasi bakteri endofitik penambat N₂ untuk Meningkatkan Populasi Bakteri Endofitik dan Hasil Tanaman Padi Sawah. **Jurnal Agrikultura** 19: 13-19.
- Setiawati, R. 2010. **Teknik Perbanyakan Mikoriza. Workshop dan Pelatihan Agroekosistem pada Budidaya Tanaman Tembakau**. Surabaya: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Simanungkalit, R.D.M. 2001. Aplikasi Pupuk Hayati dan Pupuk Kimia: Suatu Pendekatan Terpadu. **Buletin Agrobio** 4:56-61.
- Simanungkalit, R. D. M., Suriadikarta, D. A., Saraswati, R., Setyorini, D., dan Hartatik, W. 2006. **Pupuk Organik dan Pupuk Hayati**. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sitompul, SM dan B Guritno. 1995. **Analisis Pertumbuhan Tanaman**. Yogyakarta: Gajah Mada Universiti Press.
- Smith, J., and Collins, H. P. 2007. **Management of Organisms and Their Processes in Soils. Soil Microbiology and Biochemistry Third Edition**. In: Paul, E. A. (Eds). Burlington: Elsevier.
- Smith, S.E., D.J. Read. 2008. **Mycorrhizal Symbiosis, Ed 3**. Elsevier and Academic, New York.
- Subowo, Y. B., Sugiharto, W., Suliasih, dan Widawati, S. 2010. Pengujian Pupuk Hayati Kalbar untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max*) var. Baluran. **Cakra Tani** XXV: 112-118.

- Suciatmih. 2001. Peran Jamur Mikoriza Vesikular-Arbuskular dalam Konservasi Tanah. **Warta Kebun Raya Bogor** Vol.3 No.1.
- Sudomo, A. 2007. Pengaruh Tanah Pasir Berlempung terhadap Pertumbuhan Sengon dan Nilam pada System Agroforestry. **Journal pemuliaan tanaman hutan**. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. (BPK; Ciamis). 1(2)
- Suliasih, Widawati, S., dan Muharam, A. 2010. Aplikasi Pupuk Organik dan Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat dan Aktivitas Mikroba Tanah. **Jurnal Hortikultura** 20: 241-246.
- Suprapti, L. 2005. **Pembuatan Tahu**. Yogyakarta: Kanisius.
- Susilo, H, 1991. **Fisiologi Tanaman Budidaya**. Universitas Indonesia. Press Salemba. Jakarta.
- Sutejo, M.M. 2002. **Pupuk dan Cara Pemupukan**. PT Asdi Mahasatya, Jakarta.
- Suwahyono, U. 2011. **Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Suwarno, Safar. 2011. **Sifat Fisika Tanah**. <<http://epetani.deptan.go.id/>> [13 Mei 2015].
- Tania, N, Astina, dan S. Budi. 2012. Pengaruh pemberian pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil jagung semi pada tanah podsolik merah kuning. **Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian 1 (1): 10-15**.

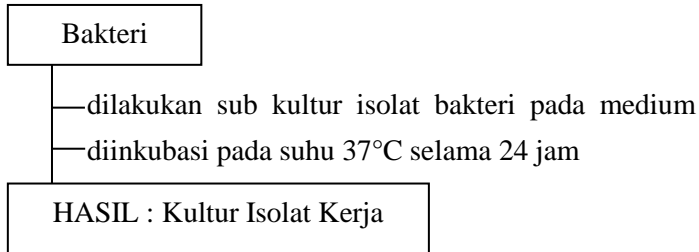
- Wardhani S., Indah K.P., dan Anugerahani W. 2014. Pengaruh Aplikasi Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Varietas Bhaskara di PT Petrokimia Gresik. **Jurnal Sains dan Seni POMITS**. Vol.2, No 1.
- Wang YP, BZ Houlton and CB Field. 2007. **A model of biogeochemical cycles of carbon, nitrogen, and phosphorus including symbiotic nitrogen fixation and phosphatase production**. *Global Biogeochemical Cycles* 21, 1018-1029.
- Wiroadmodjo, J dan H. Soesilowati. 1991. Penggunaan Beberapa Tingkat Pemupukan N dan P, Pengaruhnya terhadap Kandungan Nikotin, Gula, dan Produksi Tembakau Cerutu Besuki (*Nicotiana tabacum* L.) Bawah Naungan. **Buletin Agronomi** Vol. 10 No. 3: IPB.
- Yulipriyanto M. 2010. **Biologi Tanah dan Penerapannya**. Graha Ilmu, Jakarta.

LAMPIRAN

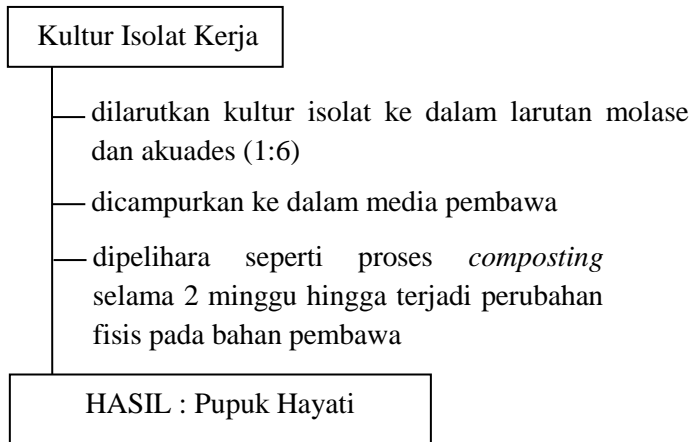
Lampiran 1: Skema Kerja Penelitian



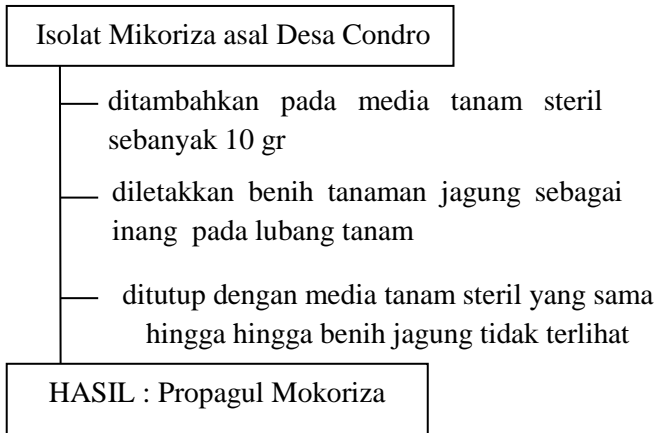
Peremajaan Isolat Bakteri



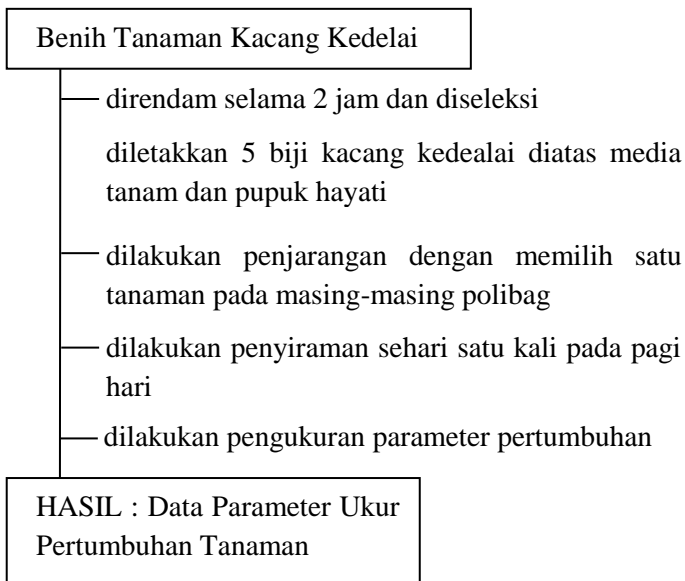
Pembuatan Pupuk Hayati




Peremajaan Propagul Mikoriza



Penanaman



Lampiran 2: Data Pengamatan Parameter Pertumbuhan Tanaman




**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
Jalan Veteran Malang 65145**

Telp. : 0341 - 551611 psw. 316, 553623, 566290 Fax : 0341 - 564333, 560011 e-mail : scilub@ub.ac.id
 Nomor : 163 / UN.10.4 / T / PG - KT / 2015 Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : Nama, Gelar Jabatan dan Klm

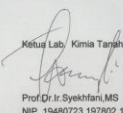
HASIL ANALISIS CONTOH TANAH
 a.n. : Galuh Singgih R
 Alamat : Biologi - ITS
 Lokasi tanah : Bitar,Tulungagung,Trenggalek,Pacitan

Terhadap kering oven 105°C

| No Lab | Kode | C organik | | N total | C/N | Bahan Organik | P Bray1 | K | | Pasir | Debu | Liat | Tekstur |
|---------|-------------------|-----------|------|---------|------|---------------|---------|----------------------------|---------|-------|------|------|----------------------|
| | | % | % | | | | | NH ₄ OAC1N pH 7 | me/100g | | | | |
| TNH 308 | BLITAR AREA CABAI | 0,19 | 0,02 | 9 | 0,32 | 12,23 | 0,15 | 77 | 16 | 7 | | | Pasir berdebu |
| TNH 309 | BLITAR AREA PADI | 1,88 | 0,19 | 10 | 3,25 | 6,85 | 0,46 | 6 | 76 | 18 | | | Lempung berdebu |
| TNH 310 | PACITAN | 1,10 | 0,11 | 10 | 1,90 | 8,45 | 0,11 | 4 | 72 | 24 | | | Lempung berdebu |
| TNH 311 | TRENGGALEK | 1,89 | 0,14 | 13 | 3,28 | 19,95 | 0,23 | 8 | 53 | 39 | | | Lempung liat berdebu |
| TNH 312 | TULUNGAGUNG | 1,49 | 0,14 | 10 | 2,57 | 24,41 | 0,43 | 12 | 67 | 21 | | | Lempung berdebu |



Prof. Dr. H. Zaenal Kusuma, MS
NIP. 19540501 198103 1 006



Prof. Dr. Ir. Syekhfariz, MS
NIP. 19480723 197802 1 001

C:\dokumen\hasil analisis\Apr 15\783.xls

Ruang Laboratorium, analisa lengkap dan khusus untuk kepentingan Mahasiswa, Dosen dan Masyarakat TLab. Kimia Tanah: analisa kimia tanah/Tanaman dan rekomendasi pemupukan TLab. Fisika Tanah: analisa fisik tanah rancangan konservasi tanah dan air, serta rekomendasi irigasi TLab. Pedologi Dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan: penginderaan jauh dan pemetaan, interpretasi foto udara, pembuatan peta, survey tanah dan evaluasi lahan, serta sistem informasi geografis TLab. Biologi Tanah: analisa kualitas bahan organik dan pengelolaan kesuburan tanah secara biologi TLUPIT Kompos

Lampiran 3: Analisis Data GLM dan Tukey

General Linear Model: Tinggi(cm) versus Lokasi, Komposisi

| Factor | Type | Levels | Values |
|-----------|-------|--------|---------------------|
| Lokasi | fixed | 4 | 1, 2, 3, 4 |
| Komposisi | fixed | 7 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |

Analysis of Variance for Tinggi(cm), using Adjusted SS for Tests

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|------------------|----|---------|---------|--------|-------|-------|
| Lokasi | 3 | 1361.26 | 1361.26 | 453.75 | 14.95 | 0.000 |
| Komposisi | 6 | 1288.61 | 1288.61 | 214.77 | 7.07 | 0.000 |
| Lokasi*Komposisi | 18 | 445.78 | 445.78 | 24.77 | 0.82 | 0.674 |
| Error | 56 | 1699.96 | 1699.96 | 30.36 | | |
| Total | 83 | 4795.61 | | | | |

S = 5.50967 R-Sq = 64.55% R-Sq(adj) = 47.46%

Unusual Observations for Tinggi(cm)

| Obs | Tinggi(cm) | Fit | SE Fit | Residual | St Resid |
|-----|------------|---------|--------|----------|----------|
| 45 | 30.0300 | 40.3533 | 3.1810 | -10.3233 | -2.29 R |
| 52 | 60.0000 | 50.3500 | 3.1810 | 9.6500 | 2.15 R |
| 57 | 32.0000 | 46.3567 | 3.1810 | -14.3567 | -3.19 R |
| 72 | 64.0000 | 54.6900 | 3.1810 | 9.3100 | 2.07 R |

R denotes an observation with a large standardized residual.

Hasil Uji Tukey Tinggi Vs Lokasi

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Lokasi | N | Mean | Grouping |
|--------|----|-------|----------|
| 4 | 21 | 47.55 | A |
| 3 | 21 | 44.69 | A |
| 2 | 21 | 38.40 | B |
| 1 | 21 | 38.25 | B |

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Komposisi | N | Mean | Grouping |
|-----------|----|-------|----------|
| 4 | 12 | 47.44 | A |
| 3 | 12 | 47.26 | A |
| 5 | 12 | 43.69 | A B |
| 7 | 12 | 42.36 | A B C |
| 2 | 12 | 39.76 | B C |
| 6 | 12 | 38.60 | B C |
| 1 | 12 | 36.44 | C |

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Lokasi | Komposisi | N | Mean | Grouping |
|--------|-----------|---|-------|----------|
| 4 | 3 | 3 | 54.69 | A |
| 4 | 4 | 3 | 52.01 | A |
| 3 | 4 | 3 | 50.35 | A B |
| 4 | 7 | 3 | 50.04 | A B |
| 4 | 6 | 3 | 47.02 | A B C |
| 3 | 5 | 3 | 46.36 | A B C |
| 3 | 3 | 3 | 46.00 | A B C |
| 2 | 3 | 3 | 45.03 | A B C |
| 1 | 5 | 3 | 45.02 | A B C |
| 1 | 4 | 3 | 45.02 | A B C |
| 4 | 5 | 3 | 44.69 | A B C |
| 3 | 6 | 3 | 44.37 | A B C |
| 1 | 3 | 3 | 43.33 | A B C |
| 4 | 2 | 3 | 43.01 | A B C |
| 3 | 2 | 3 | 43.01 | A B C |
| 2 | 4 | 3 | 42.37 | A B C |
| 3 | 7 | 3 | 42.36 | A B C |
| 4 | 1 | 3 | 41.40 | A B C |
| 3 | 1 | 3 | 40.35 | A B C |
| 2 | 5 | 3 | 38.70 | A B C |
| 2 | 7 | 3 | 38.68 | A B C |
| 2 | 2 | 3 | 38.68 | A B C |
| 1 | 7 | 3 | 38.34 | A B C |
| 1 | 2 | 3 | 34.35 | B C |
| 2 | 1 | 3 | 33.67 | B C |
| 2 | 6 | 3 | 31.69 | C |
| 1 | 6 | 3 | 31.34 | C |
| 1 | 1 | 3 | 30.34 | C |

Means that do not share a letter are significantly different.

General Linear Model: Jumlah Daun (helai) versus Lokasi, Komposisi

| Factor | Type | Levels | Values |
|-----------|-------|--------|---------------------|
| Lokasi | fixed | 4 | 1, 2, 3, 4 |
| Komposisi | fixed | 7 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |

Analysis of Variance for Jumlah Daun (helai), using Adjusted SS for Tests

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|------------------|----|---------|---------|--------|-------|-------|
| Lokasi | 3 | 204.048 | 204.048 | 68.016 | 38.09 | 0.000 |
| Komposisi | 6 | 23.976 | 23.976 | 3.996 | 2.24 | 0.053 |
| Lokasi*Komposisi | 18 | 34.786 | 34.786 | 1.933 | 1.08 | 0.393 |
| Error | 56 | 100.000 | 100.000 | 1.786 | | |

Total 83 362.810
 S = 1.33631 R-Sq = 72.44% R-Sq(adj) = 59.15%

Unusual Observations for Jumlah Daun (helai)

| Obs | Jumlah Daun (helai) | Fit | SE Fit | Residual | St Resid |
|-----|---------------------|---------|--------|----------|----------|
| 2 | 4.0000 | 6.6667 | 0.7715 | -2.6667 | -2.44 R |
| 37 | 10.0000 | 7.6667 | 0.7715 | 2.3333 | 2.14 R |
| 55 | 13.0000 | 10.3333 | 0.7715 | 2.6667 | 2.44 R |
| 57 | 7.0000 | 10.3333 | 0.7715 | -3.3333 | -3.06 R |
| 58 | 12.0000 | 9.3333 | 0.7715 | 2.6667 | 2.44 R |
| 60 | 6.0000 | 9.3333 | 0.7715 | -3.3333 | -3.06 R |

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Lokasi | N | Mean | Grouping |
|--------|----|--------|----------|
| 4 | 21 | 12.714 | A |
| 3 | 21 | 9.952 | B |
| 1 | 21 | 8.952 | B C |
| 2 | 21 | 8.857 | C |

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Komposisi | N | Mean | Grouping |
|-----------|----|--------|----------|
| 5 | 12 | 10.833 | A |
| 4 | 12 | 10.500 | A B |
| 3 | 12 | 10.333 | A B |
| 2 | 12 | 10.250 | A B |
| 7 | 12 | 10.167 | A B |
| 6 | 12 | 9.667 | A B |
| 1 | 12 | 9.083 | B |

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Lokasi | Komposisi | N | Mean | Grouping |
|--------|-----------|---|--------|-----------|
| 4 | 3 | 3 | 14.000 | A |
| 4 | 7 | 3 | 13.000 | A B |
| 4 | 5 | 3 | 13.000 | A B |
| 4 | 6 | 3 | 12.667 | A B C |
| 4 | 2 | 3 | 12.667 | A B C |
| 4 | 4 | 3 | 12.667 | A B C |
| 4 | 1 | 3 | 11.000 | A B C D |
| 3 | 5 | 3 | 10.333 | A B C D E |
| 1 | 2 | 3 | 10.333 | A B C D E |
| 3 | 7 | 3 | 10.000 | A B C D E |
| 2 | 5 | 3 | 10.000 | A B C D E |
| 3 | 4 | 3 | 10.000 | A B C D E |
| 3 | 3 | 3 | 10.000 | A B C D E |

| | | | | |
|---|---|---|--------|-----------|
| 1 | 5 | 3 | 10.000 | A B C D E |
| 3 | 1 | 3 | 10.000 | A B C D E |
| 1 | 4 | 3 | 10.000 | A B C D E |
| 3 | 2 | 3 | 10.000 | A B C D E |
| 3 | 6 | 3 | 9.333 | B C D E |
| 2 | 3 | 3 | 9.333 | B C D E |
| 2 | 4 | 3 | 9.333 | B C D E |
| 2 | 7 | 3 | 9.000 | B C D E |
| 1 | 6 | 3 | 9.000 | B C D E |
| 1 | 7 | 3 | 8.667 | C D E |
| 2 | 1 | 3 | 8.667 | C D E |
| 2 | 2 | 3 | 8.000 | D E |
| 1 | 3 | 3 | 8.000 | D E |
| 2 | 6 | 3 | 7.667 | D E |
| 1 | 1 | 3 | 6.667 | E |

Means that do not share a letter are significantly different.

General Linear Model: Luas Daun (cm) versus Lokasi, Komposisi

| Factor | Type | Levels | Values |
|-----------|-------|--------|---------------------|
| Lokasi | fixed | 4 | 1, 2, 3, 4 |
| Komposisi | fixed | 7 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |

Analysis of Variance for Luas Daun (cm), using Adjusted SS for Tests

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|------------------|----|---------|---------|--------|-------|-------|
| Lokasi | 3 | 13.0861 | 13.0861 | 4.3620 | 20.12 | 0.000 |
| Komposisi | 6 | 4.4549 | 4.4549 | 0.7425 | 3.42 | 0.006 |
| Lokasi*Komposisi | 18 | 6.2300 | 6.2300 | 0.3461 | 1.60 | 0.093 |
| Error | 56 | 12.1407 | 12.1407 | 0.2168 | | |
| Total | 83 | 35.9118 | | | | |

S = 0.465615 R-Sq = 66.19% R-Sq(adj) = 49.89%

Unusual Observations for Luas Daun (cm)

| Obs | Luas Daun (cm) | Fit | SE Fit | Residual | St Resid |
|-----|----------------|---------|---------|----------|----------|
| 19 | 3.79000 | 2.54333 | 0.26882 | 1.24667 | 3.28 R |
| 23 | 3.63000 | 2.72667 | 0.26882 | 0.90333 | 2.38 R |
| 24 | 1.94000 | 2.72667 | 0.26882 | -0.78667 | -2.07 R |
| 37 | 3.79000 | 3.00333 | 0.26882 | 0.78667 | 2.07 R |
| 51 | 2.61000 | 3.39333 | 0.26882 | -0.78333 | -2.06 R |
| 52 | 4.46000 | 3.67667 | 0.26882 | 0.78333 | 2.06 R |
| 54 | 2.61000 | 3.67667 | 0.26882 | -1.06667 | -2.81 R |

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Lokasi | N | Mean | Grouping |
|--------|----|-------|----------|
| 4 | 21 | 4.248 | A |
| 3 | 21 | 3.679 | B |
| 1 | 21 | 3.290 | C |
| 2 | 21 | 3.278 | C |

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Komposisi | N | Mean | Grouping |
|-----------|----|-------|----------|
| 5 | 12 | 3.930 | A |
| 2 | 12 | 3.776 | A |
| 4 | 12 | 3.747 | A B |
| 3 | 12 | 3.704 | A B |
| 6 | 12 | 3.581 | A B |
| 7 | 12 | 3.453 | A B |
| 1 | 12 | 3.175 | B |

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Lokasi | Komposisi | N | Mean | Grouping |
|--------|-----------|---|-------|----------|
| 4 | 4 | 3 | 4.460 | A |
| 4 | 3 | 3 | 4.460 | A |
| 4 | 2 | 3 | 4.293 | A |
| 4 | 7 | 3 | 4.183 | A B |
| 4 | 6 | 3 | 4.130 | A B |
| 4 | 5 | 3 | 4.130 | A B |
| 4 | 1 | 3 | 4.077 | A B |
| 1 | 5 | 3 | 4.010 | A B C |
| 1 | 2 | 3 | 3.957 | A B C |
| 3 | 6 | 3 | 3.907 | A B C |
| 3 | 7 | 3 | 3.793 | A B C D |
| 3 | 5 | 3 | 3.790 | A B C D |
| 2 | 5 | 3 | 3.790 | A B C D |
| 3 | 2 | 3 | 3.683 | A B C D |
| 3 | 4 | 3 | 3.677 | A B C D |
| 2 | 3 | 3 | 3.673 | A B C D |
| 1 | 4 | 3 | 3.563 | A B C D |
| 3 | 1 | 3 | 3.510 | A B C D |
| 3 | 3 | 3 | 3.393 | A B C D |
| 2 | 7 | 3 | 3.290 | A B C D |
| 1 | 3 | 3 | 3.290 | A B C D |
| 2 | 4 | 3 | 3.290 | A B C D |
| 1 | 6 | 3 | 3.283 | A B C D |
| 2 | 2 | 3 | 3.170 | A B C D |
| 2 | 6 | 3 | 3.003 | A B C D |
| 2 | 1 | 3 | 2.727 | B C D |
| 1 | 7 | 3 | 2.543 | C D |

1 1 3 2.387 D
Means that do not share a letter are significantly different.

General Linear Model: Panjang Akar (cm) versus Lokasi, Komposisi

| Factor | Type | Levels | Values |
|-----------|-------|--------|---------------------|
| Lokasi | fixed | 4 | 1, 2, 3, 4 |
| Komposisi | fixed | 7 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |

Analysis of Variance for Panjang Akar (cm), using Adjusted SS for Tests

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|------------------|----|---------|--------|--------|------|-------|
| Lokasi | 3 | 190.71 | 190.71 | 63.57 | 5.10 | 0.003 |
| Komposisi | 6 | 191.72 | 191.72 | 31.95 | 2.56 | 0.029 |
| Lokasi*Komposisi | 18 | 449.70 | 449.70 | 24.98 | 2.00 | 0.025 |
| Error | 56 | 697.88 | 697.88 | 12.46 | | |
| Total | 83 | 1530.01 | | | | |

S = 3.53018 R-Sq = 54.39% R-Sq(adj) = 32.40%

Unusual Observations for Panjang Akar (cm)

| Obs | Panjang Akar (cm) | Fit | SE Fit | Residual | St Resid |
|-----|-------------------|---------|--------|----------|----------|
| 31 | 24.0000 | 13.6867 | 2.0382 | 10.3133 | 3.58 R |
| 33 | 5.0500 | 13.6867 | 2.0382 | -8.6367 | -3.00 R |
| 41 | 10.0700 | 16.0367 | 2.0382 | -5.9667 | -2.07 R |
| 71 | 24.0500 | 17.0600 | 2.0382 | 6.9900 | 2.43 R |

R denotes an observation with a large standardized residual.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Lokasi | N | Mean | Grouping |
|--------|----|--------|----------|
| 2 | 21 | 16.324 | A |
| 4 | 21 | 13.497 | A B |
| 1 | 21 | 13.167 | B |
| 3 | 21 | 12.310 | B |

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Komposisi | N | Mean | Grouping |
|-----------|----|--------|----------|
| 3 | 12 | 15.626 | A |
| 5 | 12 | 15.201 | A B |
| 4 | 12 | 15.102 | A B |
| 2 | 12 | 13.852 | A B |
| 7 | 12 | 13.103 | A B |
| 1 | 12 | 12.842 | A B |
| 6 | 12 | 11.046 | B |

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

| Lokasi | Komposisi | N | Mean | Grouping |
|--------|-----------|---|--------|----------|
| 2 | 3 | 3 | 23.393 | A |
| 2 | 5 | 3 | 18.693 | A B |
| 4 | 3 | 3 | 17.060 | A B C |
| 1 | 2 | 3 | 17.003 | A B C |
| 1 | 4 | 3 | 16.690 | A B C |
| 2 | 7 | 3 | 16.037 | A B C |
| 2 | 1 | 3 | 15.367 | A B C |
| 3 | 4 | 3 | 15.347 | A B C |
| 4 | 4 | 3 | 14.683 | A B C |
| 3 | 5 | 3 | 14.400 | A B C |
| 4 | 7 | 3 | 14.333 | A B C |
| 2 | 2 | 3 | 14.023 | A B C |
| 4 | 5 | 3 | 14.010 | A B C |
| 4 | 1 | 3 | 14.000 | A B C |
| 1 | 5 | 3 | 13.700 | A B C |
| 2 | 4 | 3 | 13.687 | A B C |
| 4 | 2 | 3 | 13.673 | A B C |
| 1 | 6 | 3 | 13.367 | A B C |
| 2 | 6 | 3 | 13.070 | A B C |
| 3 | 3 | 3 | 12.693 | A B C |
| 1 | 1 | 3 | 11.377 | B C |
| 3 | 7 | 3 | 11.370 | B C |
| 3 | 6 | 3 | 11.030 | B C |
| 3 | 2 | 3 | 10.707 | B C |
| 1 | 7 | 3 | 10.673 | B C |
| 3 | 1 | 3 | 10.627 | B C |
| 1 | 3 | 3 | 9.357 | B C |
| 4 | 6 | 3 | 6.717 | C |

Means that do not share a letter are significantly different.

General Linear Model: Berat Kering (gr) versus Lokasi, Komposisi

| Factor | Type | Levels | Values |
|-----------|-------|--------|---------------------|
| Lokasi | fixed | 4 | 1, 2, 3, 4 |
| Komposisi | fixed | 7 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |

Analysis of Variance for Berat Kering (gr), using Adjusted SS for Tests

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|-----------|----|---------|---------|---------|-------|-------|
| Lokasi | 3 | 2.13218 | 2.13218 | 0.71073 | 25.66 | 0.000 |
| Komposisi | 6 | 0.96691 | 0.96691 | 0.16115 | 5.82 | 0.000 |

```

Lokasi*Komposisi  18  0.63507  0.63507  0.03528  1.27  0.240
Error              56  1.55087  1.55087  0.02769
Total              83  5.28503
S = 0.166415    R-Sq = 70.66%    R-Sq(adj) = 56.51%

```

Unusual Observations for Berat Kering (gr)

```

          Berat
Obs  Kering (gr)      Fit  SE Fit  Residual  St Resid
25      1.16000  0.74333  0.09608   0.41667    3.07 R
27      0.34000  0.74333  0.09608  -0.40333   -2.97 R
76      1.23000  0.94667  0.09608   0.28333    2.09 R
R denotes an observation with a large standardized residual.

```

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

```

Lokasi  N      Mean  Grouping
4        21  1.1257    A
3        21  0.9262    B
1        21  0.7486    C
2        21  0.7324    C

```

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

```

Komposisi  N      Mean  Grouping
4          12  1.0450    A
3          12  0.9742    A B
2          12  0.9417    A B
5          12  0.8792    A B C
7          12  0.8558    A B C
6          12  0.7808    B C
1          12  0.7058    C

```

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

```

Lokasi  Komposisi  N      Mean  Grouping
4        3          3  1.3033    A
4        4          3  1.2933    A
4        7          3  1.2067    A B
4        2          3  1.1933    A B
3        4          3  1.0733    A B C
4        6          3  1.0200    A B C D
2        3          3  1.0033    A B C D
1        4          3  0.9933    A B C D
3        5          3  0.9500    A B C D
4        5          3  0.9467    A B C D
3        3          3  0.9433    A B C D
1        2          3  0.9267    A B C D
4        1          3  0.9167    A B C D
3        7          3  0.9033    A B C D

```

| | | | | |
|---|---|---|--------|---------|
| 3 | 2 | 3 | 0.9033 | A B C D |
| 3 | 6 | 3 | 0.8933 | A B C D |
| 2 | 5 | 3 | 0.8633 | A B C D |
| 2 | 4 | 3 | 0.8200 | A B C D |
| 3 | 1 | 3 | 0.8167 | A B C D |
| 1 | 5 | 3 | 0.7567 | B C D |
| 2 | 2 | 3 | 0.7433 | B C D |
| 1 | 7 | 3 | 0.7233 | B C D |
| 1 | 6 | 3 | 0.6600 | C D |
| 1 | 3 | 3 | 0.6467 | C D |
| 2 | 7 | 3 | 0.5900 | C D |
| 2 | 1 | 3 | 0.5567 | C D |
| 2 | 6 | 3 | 0.5500 | C D |
| 1 | 1 | 3 | 0.5333 | D |

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 4: Foto Lokasi Pengambilan Tanah

1. Lokasi Pengambilan Tanah di Desa Popoh, Kecamatan Selopuro, Kabupaten Blitar, Jawa Timur.



2. Lokasi Pengambilan Tanah di Desa Pinggirsari, Kecamatan Ngantru, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur.



3. Lokasi Pengambilan Tanah di Desa Durenan, Kecamatan Durenan, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur.



4. Lokasi Pengambilan Tanah di Desa Nanggung, Kecamatan Pacitan, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur.



“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis di lahirkan di Pasuruan pada tanggal 13 Mei 1993 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan (*Alm*) Bpk. Ampirno dan Ibu Sholichatin. Tahun 2011 penulis lulus dari SMA Negeri 1 Mojosari. Pada tahun 2011 penulis di terima di jurusan Biologi FMIPA ITS Surabaya.

Selama kuliah penulis yang memiliki hobi menggambar dan desain grafis ini aktif di dunia pergerakan dan organisasi seperti Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (BEM FMIPA) sebagai staff Divisi Sosial dan Masyarakat, aktif di Lembaga Dakwah Jurusan sebagai staff Divisi Syi'ar dan sebagai mentor, dan dengan motivasi QS. Al Hadid : 25 dan QS. Muhammad : 7 penulis aktif di kajian kampus KOGASE (Komunitas Gaul Sehat dan Syari) serta aktif dalam berbagai aktivitas dakwah islam, dan di berbagai acara kajian/forum islam di tingkat Surabaya sebagai tim media muslimah hingga saat ini.

Ketekunan, dan motivasi tinggi untuk meraih ridho Allah SWT serta terus belajar dan berusaha menjadi lebih baik, penulis berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi di bawah bimbingan ibu Widhatul Mulihatin M.Si., S.Si yang berjudul “Uji Multilokasi Pengaruh Pupuk Hayati BPN (*Azotobacter* sp.), BPF (*Bacillus* sp.), Dan Mikoriza (*Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp.), Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill”. Akhir kata penulis mengudapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya dan semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.